內政部登記證書警字第一二二三號
中華郵政特准掛號認為新聞紙類

# 水利

第八卷 第五期



建築中之海州連雲港

中國水利工程學會發行

中華民國二十四年五月

# 啓新洋灰有限公司

製造

馬牌
塔牌「坡德崙」洋灰

成色遠過英國新標準

特製 水利工程適用

抵抗海水
速凝 特種洋灰

工廠 河北唐山市
工廠 湖北大冶縣石灰窰
總事務所 天津法租界海大道
營業部
南部支店 上海北京路二百號
漢口支店 漢口法租界寶華里四號
南京辦事處 南京中山北路司法院對面
北平支店 北平前門外打磨廠大口北



# 新亨營造廠

總廠上海愛多亞路二〇六號

分廠南京杭州南昌

承造中西
房屋鐵道
橋樑碼頭
船塢閘壩
大小鋼骨
水泥工程

# 水利月刊

## 第八卷　第五期

中華民國二十四年五月

## 目錄

本刊文責由著者自負

24 編輯者言（汪胡楨）…… 248

25 黃淮段運河整理計畫（汪胡楨）…… 249

26 度量分析（薛履坦　汪胡楨合譯）…… 279

27 人工水道概論（方修斯著,汪竣驥譯）…… 300

28 歷代水利職官志（葉遇春）…… 329

# 編輯者言

1. 運河問題之複雜,以黃淮段爲最。蓋自元代建設運河以來,魯西水道系統受黃運兩河之拘牽,已有重大之變更。綿亘數百里之藪澤,皆爲此時代之產物。復因黃患迭乘,運道亦一再遷播。昔人詠銅山詩曰「汴泗交流郡城角」及列子所載孔子觀於呂梁懸瀑三十仞流沫四十里,今皆無迹象可尋,即謂徐州爲前明運道所經,已幾若不可信者,地形變化之甚,誠令人欲興滄海桑田之感矣。余經一年餘之深思苦慮,及幾度往來考察,始有黃淮段運河整理計畫之作,披露於此,以求正方家。今黃河北移,導淮亦在進展,運道自當及時改作,使其成爲黃淮兩流域之聯絡線,而使數百年困頓昏墊之居民復覩天日,此則區區之志也。戴君儀宋於此役始終相從,於計算規畫尤賴其相助,書此誌感。

2. 水力學淵源頗早而進展甚遲,其涵義艱深有以致之。自有模型實驗始有長足之進展。然試驗亦不僅識記數字用以武斷事理也,必有術以探物理之奧妙,使試驗者於繁複錯綜之現象中知所取擇而得一至當之結論,此則度量分析法尚矣。玆與薛君履坦合譯A. C. Chick所著度量分析與相似律之上篇,以期引起國人研究此術之興味。

3. 方修斯先生所著書,以其包蘊知識豐富無比,故令人百讀不厭。本刊已譯其船閘節省水量方法及計算方法,讀者當同有此感,玆復由汪駿驤君譯出其人工水道概論一篇載於本刊。

4. 水利爲歷代所重視,良以其於農事關係最密,在國家經濟上處有重要之地位也。玆得葉遇春先生所著文,以見歷代水利設官之沿革。

# 黃淮段運河整理計畫

汪胡楨

1. 水災問題
2. 水災問題之解決方法
3. 運河路線
4. 需水量之估計
5. 蓄水庫
6. 工費估計

## 一　水災問題

本段運河故道北起山東省壽張縣黃河南岸之十里舖,南迄江蘇省之淮陰縣,長約四百六十公里(圖一)。自清季漕運停止以來,所有蓄水節水各建築如水櫃閘壩之類,均失於管理,以致元明清三代百計經營之漕渠復返退自然,成爲汶泗諸水横流之澤國。不僅航運之利全失,而魯西蘇北十數縣之人民咸遭昏墊之苦,其慘烈情形,有非言語所能形容者。

此段運河中現狀最惡劣者,厥爲東平湖至微山湖之一部份。蓋其地處於中原大陸與山東半島之介接處,故地形特窪。其西受黃河今道以南與故道以北二萬平方公里之坡水,其東受汶泗暨鄒滕諸山水。而北阻於黃河之高仰,南阻於中運河之狹隘,以致水積於中腹,成爲多數平淺之湖泊。自北而南計之,則爲東平湖,蜀山湖,南旺湖,沉粮地,綏征地,獨山湖,南陽湖,昭陽湖,微山湖,合計面積達二百八十四萬畝,(如表一)其中完全沉於水底者,凡二百十萬畝,其餘七十四萬畝,則處于低水位以上與洪水位以下,名爲湖地,可種冬麥一季,但次年洪水早臨,則顆粒無收,亦至不足恃也。諸湖附近之低地,雖因人民建築隄埝,得免湖水

泛濫之災,然因地下水位之接近地面與排水之不暢,故小雨即盈,必待日光爲之蒸化始能乾涸。斯時土中鹼質咸隨以上升,遺留地面,爲害禾稼東平縣之西北,濟甯縣之南鄉,滋陽縣之西鄉,以及嘉祥,金台,魚台,沛縣,濱湖一帶均莫不有此現象,故土地生產率異常低下,人民貧苦特甚向稱民風強悍,萑苻遍地,實則飢寒所迫,挺而走險,固無足怪也。

## 表一 沿運湖泊高度與面積表

| 湖名 | 高度(江淮水準以公尺計) | | 湖水面積(平方公里) | | 湖底高度 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 洪水位 | 低水位 | 洪水位 | 低水位 | |
| 東平湖 | 38.9 | 38.3 | 229 | 167 | 37.2 |
| 蜀山湖 | 38.9 | 38.2 | 53 | 38 | 37.1 |
| 南旺湖 | 37.9 | 37.3 | 72 | 0 | 36.9 |
| 沉粮地 | 36.2 | 34.4 | 90 | 40 | 33.9 |
| 綏征地 | 34.2 | 33.7 | 282 | 231 | 32.6 |
| 獨山湖 | 35.7 | 34.1 | 198 | 164 | 31.8 |
| 昭陽湖,南陽湖 | 35.1 | 33.7 | 337 | 257 | 32.1 |
| 微山湖 | 33.9 | 32.5 | 631 | 516 | 30.6 |
| 共計 | | | 1892平方公里 =2,840,000畝 | 1413平方公里 =2,100,000畝 | |

運西平原爲黃河冲積而成,宋元以來,屢受黃河泛濫之災。古代遺留之陂澤溝渠,如鉅野澤,梁山泊,濟水,菏水,桓公渠等,均爲毀滅無遺,即元初之運河故道,亦幾失其蹤跡。其碩果僅存者,如洙水,萬福,趙王,牛頭諸河,既不能分佈全境,又皆萬分淤淺,(近年魯建廳曾大事疏浚)故夏秋多雨,大部分雨水即遍地泛濫,佳壤咸化爲斥鹵。及春冬雨少,則又

涓滴無存,除少數瀍田曾鑿井灌漑以外,幾無一非爲旱田,生產率之微小,亦在意料之中。

運河以東,接近山麓,地勢較陡,山中諸水,一瀉而下,泛濫之時期極短,對於禾稼,無甚傷害。惟在專制時代,魯西諸水均專作濟漕之用,設泉河廳以管理之,規例甚嚴,不容稍異。故從未築堰開渠引爲灌田之用者。迄於今日,人民咸蹈常襲故,幾不復知灌漑之利。棄利于地轉爲災患,亦至可惜。諸山水中,以汶泗爲最鉅,薛河泇河等次之,發源之處,均有泉眼,不啻天然蓄水池,故低水期內,流亦不涸,倘善加疏導,不僅航運足恃,農田亦受惠非淺也。諸河因洪水期內水流漫無節制,故噴沙甚烈,運河故道及舊時水櫃中均深受其淤塞之害。沿河一帶亦幾全部爲沙地,種植物祇宜花生,外此一無可種,魯省每年出口花生之量頗鉅,均來自此種沙磧地,然因其價值甚廉,遜於棉麥遠甚,故人民終歲勤勞,亦不得溫飽也。

東平一縣本處於大清河中游,自黃河北徙奪大清河故道入海,大清河來水遂鬱聚于縣城之西北,成爲巨浸,名雖爲湖,實皆隴畝也。每年黃河漲發,倒灌復鉅,以致湖面日漸增廣。近數年來人民自動建築隄埝以資範束,然一遇汛期,動輒潰決。湖中深處之村民,泰半均遠赴山海關外謀生,惟少數人民猶戀而勿去,因無田可耕,故祇以捕魚爲業。

微山湖之名,古史所不著,金元以前,泗水於銅山會汴入淮,其入汴之處,謂之呂梁,泗高汴低,故水流迅疾,舟行維艱,孔子觀于呂梁之上即其地也。自金元以後,黃河南徙奪汴入淮,水位增高,河床淤填,呂梁二洪,化爲平夷,復因黃強泗弱,宣洩不暢,遂成巨浸,世乃以微山湖爲名,面積達九十餘萬畝,實皆魚沛良田也。自黃河北徙,微山湖本可恢復金元以前之舊,惜黃河故道淤高已甚,不足以資宣洩,而微山湖洩水尾閭如湖口雙閘如荊山橋河(即不牢河)之藺家壩皆束縛如故,故湖面之寬大,仍與昔時無異,此湖因處山東諸湖之下流,運東運西各河之來水(流域面積三萬八千餘平方公里)除少數由坡河出黃河以外,苟非蒸

化爲汽,皆以此爲歸宿。故上游各湖水落之時,此湖反在漲水之際。近年魯省大事修浚泗水洙水萬福河,復將各湖湖腰次第浚深,來水益湧,苟不爲湖水速謀出路或爲曲突徙薪之計,則沿湖水災狀況必年甚一年也。

## 二　水災問題之解決方法

如上文所述,水災問題旣嚴重若是,苟不設法解決,則沿運農田之生產量無增加之望,而一切建設均屬徒然。茲述解決之方法如後。

湖水來源可分爲三類,(1)汶水(2)泗水及其他山水(3)運西坡水,屬於第一類者,其流域面積計九千平方公里。屬於第二類者,其流域面積計九千六百平方公里。屬於第三類者,其流域面積計二萬平方公里。此三類水源所供給之水量若干,因水文測驗資料之缺乏,未能作精詳之估計,但自第一表所載各湖洪水位與低水位之水位高度及面積,可以計算最大洪水時各湖所蓄之洪水量。如表二:

### 表二　山東沿運各湖容量計算表

| 湖名 | 平均湖水面積 | 水深度 | 容水量 |
|---|---|---|---|
| 東平湖 | 198方公里 | 0.6公尺 | 118,800,000立方公尺 |
| 蜀山湖 | 46 | 0.7 | 32,200,000 |
| 南旺湖 | 36 | 0.6 | 21,600,000 |
| 沉粮地 | 65 | 1.8 | 117,000,000 |
| 緩征地 | 256 | 0.5 | 128,000,000 |
| 獨山湖 | 181 | 1.6 | 289,000,000 |
| 昭陽南陽湖 | 297 | 1.4 | 415,800,000 |
| 微山湖 | 573 | 1.4 | 802,200,000 |
| 共計 | 1652方公里 | | 1,924,600,000立方公尺 |

由此表可知各湖所容水量爲1,924,600,000立方公尺,按湖之存水量應爲下式之代數和

湖之存水量＝入湖水量＋黃河倒灌量＋湖中原存水量＋湖面受雨量－湖之流出量－湖面蒸發損失

上數爲最大存水量與最小存水量之差數,用以代表湖之存水量與湖中原存水量之差額,實偏于安全方面。又湖面受雨量以湖面積及常年雨量計之約得1892方公里×平均年雨量600公厘＝1,135,000,000立方公尺,蒸發損失約爲1892方公里×平均年蒸發量1200公厘＝2,270,000,000立方公尺。

據弗理門氏之研究,(見李伯來報告書附錄R)黃河倒灌而入東平湖之水量爲206,000,000立方公尺。

將以上各數代入前之算式,則得:

入湖水量＝1,924,600,000－206,000,000－1,135,000,000＋17,000,000＋2,270,000,000＝2,870,000,000立方公尺

查山地之流出量,較平地爲鉅,今假定其爲一與二之比,則由其流域面積用比例分配之,得

汶河入湖之量爲904,000,000立方公尺

泗河及其他山水入湖之量爲961,400,000立方公尺

坡水入湖之量爲1,004,600,000立方公尺

故爲消弭水災計,對於以上三種水量應分別處置如下:

(甲)引汶入黃　按目前汶河入湖水量爲904,000,000立方公尺,黃河倒灌而入之水計206,000,000立方公尺,兩者合計達1,110,000,000立方公尺,故沿運水災之釀成,什之三因汶河失於制馭而起。按汶河本以大清河爲主幹繞出東平縣之北,由平陰長清東行入海,(自坡河口以東即黃河今道)自元初建堽成壩,始分一支至濟寧儲于馬場湖水櫃名曰洸河,其性質與引水渠 Diversion Canal 相類,明初以其濟運之點偏南過甚,不足以供會通河北段之用,乃用白英老人策,於東平戴村壩設

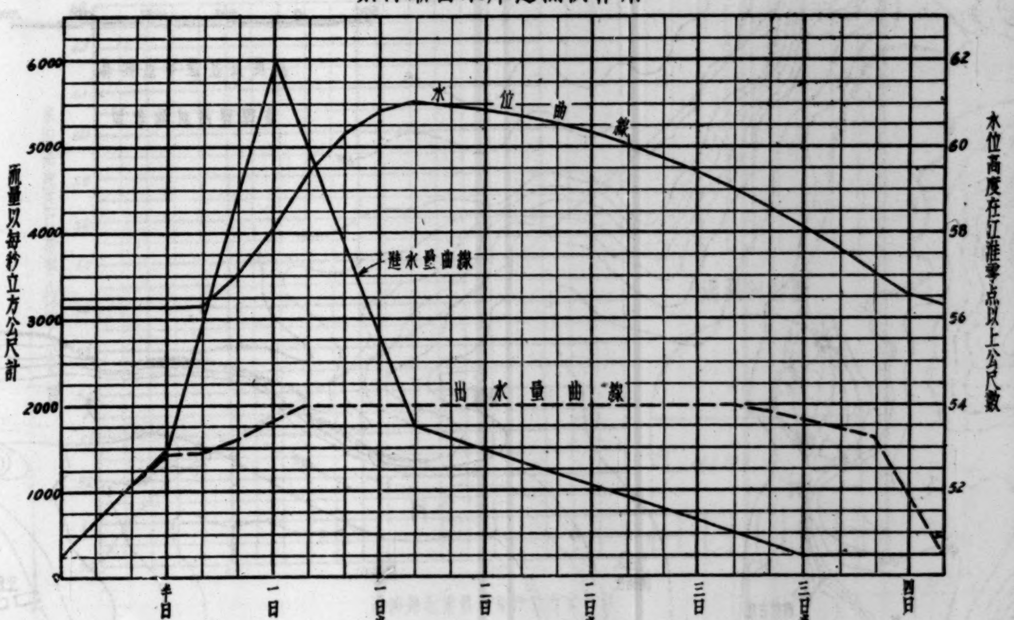
堰另闢引水渠,引汶水至南旺鎮分水口濟運。所闢之渠今名汶河,其性質實與洸河無異,蓋亦引水渠之類。惟古時製作未精,戴村壩既屢圮屢修,至今猶滲漏甚鉅,而所闢引水渠口又未建築渠閘以節宣水量,故汶水漲發,戴村壩壩面所不能流出之水,均儘量入渠,泥沙隨之,致南旺一帶,隨濬隨淤,積土如山,勞費不已。而汶水南流浸盛之局面,迄今未嘗稍更。造成魯西積水之患,未始不以此爲之厲階也。

查汶河洪水量甚鉅而經歷之時期則甚短。民國以來其洪水以民七及民十五爲最大,惟此兩年之記載均付闕如。民國九年衛根工程師曾派員調查民七汶河洪水位痕跡測量斷面,而用流量公式推算,得最大洪水量爲九千三百五十秒立方公尺。衛氏即根據此數,並模仿民六實測流量曲線設定汶河理想洪水峯。(見衛根報告一三八頁)此洪水峯係假定流量于一月之內自低水量升至最高值二日半以後退至一千秒立方公尺以下。又弗理門氏曾於戴村壩訪詢七十三歲老人詢知民七爲一生所見最大洪水,又據弗氏之推算其最大洪水量爲七千八百秒立方公尺。以余所見,衛氏原計算中對于糙率 n 假定爲 0.025,但按巨大河流在洪水期內所呈糙率均甚鉅,例如美國米西西比河所得之數爲 0.04,(參考水利月刊二卷二八三頁)如用 $n=0.04$ 則較衛氏所計算之數應減少百分之三七·五(假定 $Q_1:Q_2=\frac{1}{0.025}:\frac{1}{0.04}$),即 5840 秒立方公尺。弗氏假定流速爲十秒英尺亦似過鉅,故折衷假定爲 6000 秒立方公尺。試以克理格所作美國河流稀有洪水研究圖相較。則衛氏假定相當于萬年一次之洪水,弗氏則爲千年一次,茲所定者相當于百年一次之洪水也。(見 Creager's Engineering for Masonry Dams P. 201)

又按衛氏根據民六洪水時期以定民七洪水時期之久暫亦似過長,蓋汶河洪水因有戴村壩之攔蓄作用,其經歷時期已隨以延長,若無此壩則其經歷時期必更短可以無疑也。余故重擬汶河理想洪水峯如附圖二之進水量曲線。

圖二

戴村壩蓄水庫之攔洪作用



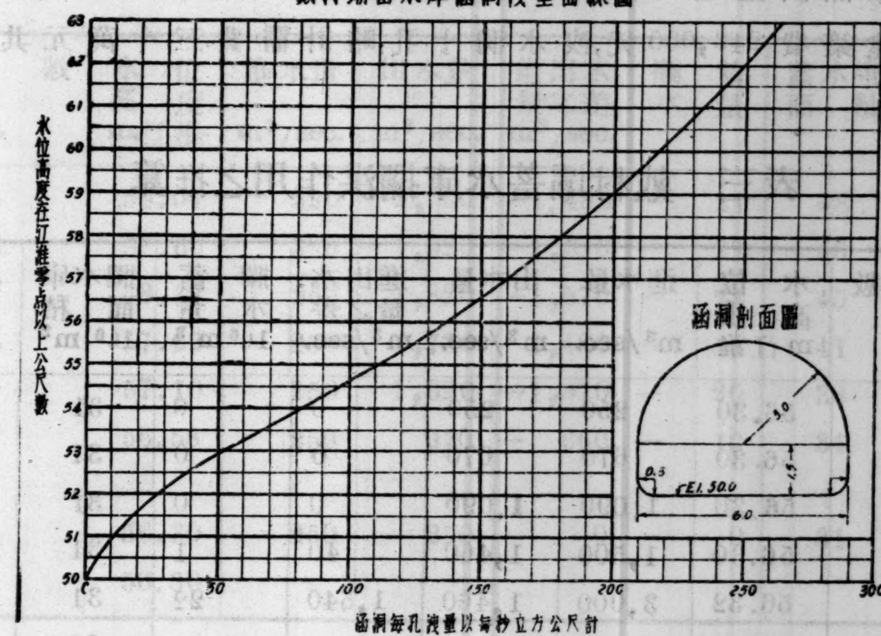

此項洪水量爲現有戴村壩所不能攔蓄,且大小清河祇能容納每秒二千二百立方公尺,故常有决堤之危險。爲免除戴村壩以下洪水計,應于松山兩側另建蓄水庫,以攔蓄洪水,使其最大洩水量減至二千秒立方公尺,蓄水庫之設置方法,可閱附圖三。其攔洪壩均用土壩,惟洩水洞則用混凝土工。洩水洞計十孔,其尺寸及洩水能力如附圖四。此項蓄水庫之面積及容量曲線如附圖五。根據進水量與洩水量暨容量曲綫推算之結果如附表三。理想洪水峯達到後,因蓄洪庫之作用,其洩水量與水位均隨以變化,則如附圖二所示。其最大流量自六千秒立方公尺減低至二千秒立方公尺,適爲大小清河所能容納。最大之洪水高度爲61.06公尺,惟淹沒時間在四十八小時以上者爲同高綫56.0其面積計四十八方公里。在七十二小時以上者爲同高綫57.0其面積三十八方公里。按戴村壩以上沙地居多,人烟稀少。故遇非常洪水時此面積內遭遇損失者不過一萬至二萬畝。略予償金,爲數無多。且汶河洪水量在每秒二千二百立方公尺以上者,已非常有,故蓄水庫內之田地淹沒機會甚少。


戴村垻蓄水庫平面圖
比例尺
500 0 500 1000 1500 2000公尺
高度以江淮零点起算
整理運河討論會製
汶河
張城
湯胡庄
西村古庄
北張城
王庄
北劉庄
馬山庄
松山庄
桃城
壩頂高度62.5公尺

圖三

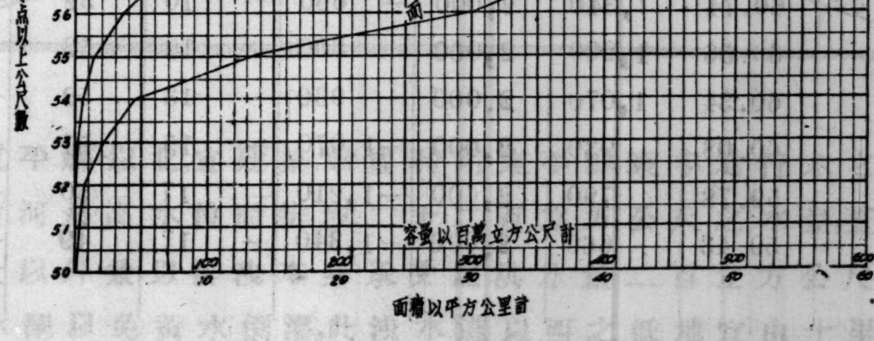
圖四

戴村壩蓄水庫涵洞洩量曲線圖




圖五

戴村壩蓄水庫容量及面積曲線圖



蓄水庫攔洪土壩之橫剖面圖如附圖六計需土方 1,640,000 立方公尺,約需建築費 246,000 元,洩水洞十孔,略計需費三十萬元共計 546,000 元。

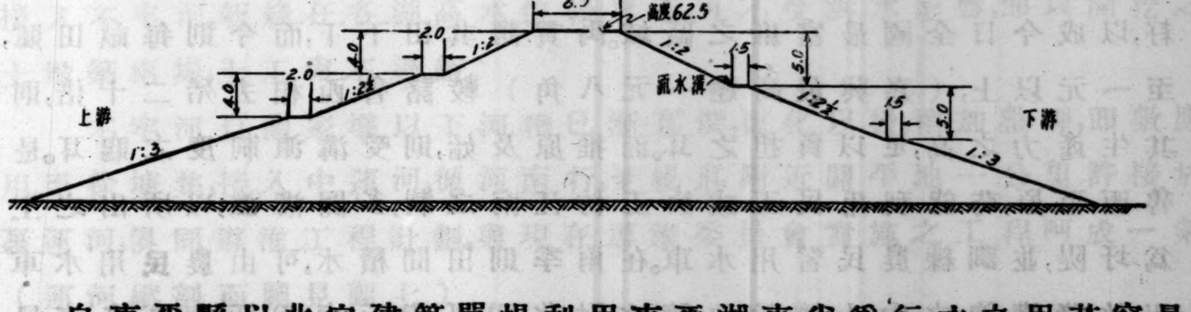
## 表三　戴村壩蓄水庫攔洪作用之推算

| 時數 hr. | 水位高度 m 江淮 | 進水量 $m^3$/sec. | 出水量 $m^3$/sec. | 進出水量之差 $m^3$/sec. | 攔蓄水量 $10^6$ $m^3$ | 攔水庫面積 $10^6$ $m^2$ | 增高水位 m. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 56.30 | 250 | 250 | 0 | 0 | 31 | 0.00 |
| 4 | 56.30 | 670 | 670 | 0 | 0 | 31 | 0.00 |
| 8 | 56.30 | 1,090 | 1,090 | 0 | 0 | 31 | 0.00 |
| 12 | 56.30 | 1,500 | 1,460 | 40 | 1 | 31 | 0.02 |
| 16 | 56.32 | 3,000 | 1,460 | 1,540 | 22 | 31 | 0.72 |
| 20 | 57.04 | 4,500 | 1,610 | 2,890 | 41 | 38 | 1.08 |
| 24 | 58.12 | 6,000 | 1,820 | 4,180 | 60 | 45 | 1.34 |
| 一日 | | | | | | | |
| 4 | 59.46 | 4,930 | 2,000 | 2,930 | 42 | 49 | 0.86 |
| 8 | 60.32 | 3,870 | 2,000 | 1,870 | 27 | 52 | 0.52 |
| 12 | 60.84 | 2,810 | 2,000 | 810 | 12 | 53 | 0.22 |
| 16 | *61.06 | 1,750 | 2,000 | — 250 | — 4 | 53 | — 0.07 |
| 20 | 60.99 | 1,610 | 2,000 | — 390 | — 6 | 53 | — 0.11 |
| 24 | 60.88 | 1,480 | 2,000 | — 520 | — 8 | 53 | — 0.14 |
| 二日 | | | | | | | |
| 4 | 60.74 | 1,340 | 2,000 | — 660 | — 10 | 52 | — 0.18 |
| 8 | 60.56 | 1,200 | 2,000 | — 800 | — 12 | 52 | — 0.22 |
| 12 | 60.34 | 1,070 | 2,000 | — 930 | — 13 | 52 | — 0.26 |
| 16 | 60.08 | 930 | 2,000 | —1,070 | — 15 | 51 | — 0.30 |
| 20 | 59.78 | 790 | 2,000 | —1,210 | — 17 | 50 | — 0.35 |
| 24 | 59.43 | 660 | 2,000 | —1,340 | — 17 | 49 | — 0.39 |
| 三日 | | | | | | | |

（接表三）

| 時　數 hr. | 水位高度 m.江淮 | 進水量 m³/sec. | 出水量 m³/sec. | 進出水量之差 m³/sec. | 攔蓄水量 | 蓄水庫面積 | 增高水位 m. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 59.04 | 520 | 2,000 | —1,480 | —　21 | 48 | —0.44 |
| 8 | 58.60 | 380 | 1,920 | —1,510 | —　22 | 46 | —0.48 |
| 12 | 58.12 | 250 | 1,820 | —1,570 | —　23 | 45 | —0.50 |
| 16 | 57.62 | 250 | 1,730 | —1,480 | —　21 | 41 | —0.52 |
| 20 | 57.10 | 250 | 1,620 | —1,370 | —　20 | 38 | —0.52 |
| 24 | 56.58 | 250 | 910 | —　660 | —　10 | 34 | —0.28 |
| 四日 | | | | | | | |
| 4 | 56.30 | 250 | 250 | —　0 | —　0 | 31 | —0.00 |
| 8 | 56.30 | | | | | | |

戴村壩蓄水庫攔洪土壩橫剖面圖　　圖六




自東平縣以北,宜建築單堤利用東平湖東半爲行水之用,其容量以能在黃河最高水位時排洩二千二百立方公尺之水量,蓋除洩水洞洩出水量以外兼以排洩本身承受之洪水量二百立方公尺。坡河口應建活動水閘以免黃水倒灌。此洩水道以西之低地宜由十里舖閘導引

黃水入其中,使淤成平陸。運河暫由十里舖閘入黃,將來於此平陸中開闢新道以達於坡河口活動閘西側,經船閘以與黃河相接通。

關於此部分之費用,因測量未完備尙難詳加估計,惟衛根氏有與此相類之計劃。其估計費用爲一百五十萬元,(見衛根計劃二一五頁)坡河口活動閘計洋二十四萬三千元,共計一百七十四萬三千元。

(乙)泗河及其他山水之洪水情形與汶河相類,此等河流亦惟有建築攔洪壩以治理之。茲因各河蓄洪庫址尙未實地察勘,故無從詳擬計畫。但以汶河爲例,如能於各河上游多建蓄洪庫,使其洪水量減少至每秒一千立方公尺以下,則雖遇洪水,亦不致爲患下游矣。

(丙)運西溝洫 溝洫之制,見於周官,歷代學者雖盛稱其制度之完善,而皆歸罪商鞅開阡陌時所廢。實則以僕所見,江南浙西之圩田,皆其遺制也。蓋太湖流域之陸地爲揚子江淤泥及入湖諸水所帶泥沙淤積而成。沿海一帶之地面高度均在海潮最高水位以下,故當圩田未成之時,內受河水之流灌,外遭江海之頂托,其遍地行潦之情態,實較魯西平原爲甚。其後人民掘地成渠,以引湖水。以渠中所出之土築以爲圩。使渠底在湖蕩低水位以下,水流可以常川不絕。圩頂在湖蕩最高水位以上,則不致爲水所淹。又利用人民之勤勞,與水車之發明,雨則車水入渠,旱則車水入田,視湖蕩溝渠,若水之外府,用則取之,捨則藏之。於是以耘以耔,以成今日全國最富庶之區域。禹貢謂其田下下,而今則每畝田賦,徵至一元以上,(嘉興最高達一元八角)較諸魯西相去殆二十倍,則以其生產力之高,足以負担之耳。而推原及始,則受溝洫制度之賜耳。是故魯西平原,苟能利用民工或兵工仿江南之制,多闢溝洫,以所出之土築爲圩隄,並訓練農民習用水車。在雨季則田間積水,可由農民用水車抽出放諸溝洫之中,土壤鹼質隨水融化,即可變斥鹵爲沃壤。在冬春旱季則可用水車汲渠水以灌溉,農作物產量即隨以增鉅。以二萬平方公里之面積而論,至少可成良田二千萬畝以上,不難追蹤太湖流域之殷富。且雨水有無數溝洫爲之容納,即不致遍地泛濫聚爲洪水,各大河洪水

量亦可隨以減少。溝畔圩隄宜植桑麻，使農民習于紡績，多一副業則人民之富力自必隨以增加。且溝洫縱橫，村里相望，古人謂可限戎馬之足，於國防亦至有利益。一舉而數善備。舍此莫屬矣。

此種溝洫應按受水區域自上游而下逐漸放大，平均每平方公里須開土五千二百公方，（見僕與張炯合著黃河冲積平原兵工與闢溝洫計畫）即每畝約需三公方半，人工二工即可完成之，爲數甚微，輕而易舉，此可利用兵工或民夫以辦理之也。

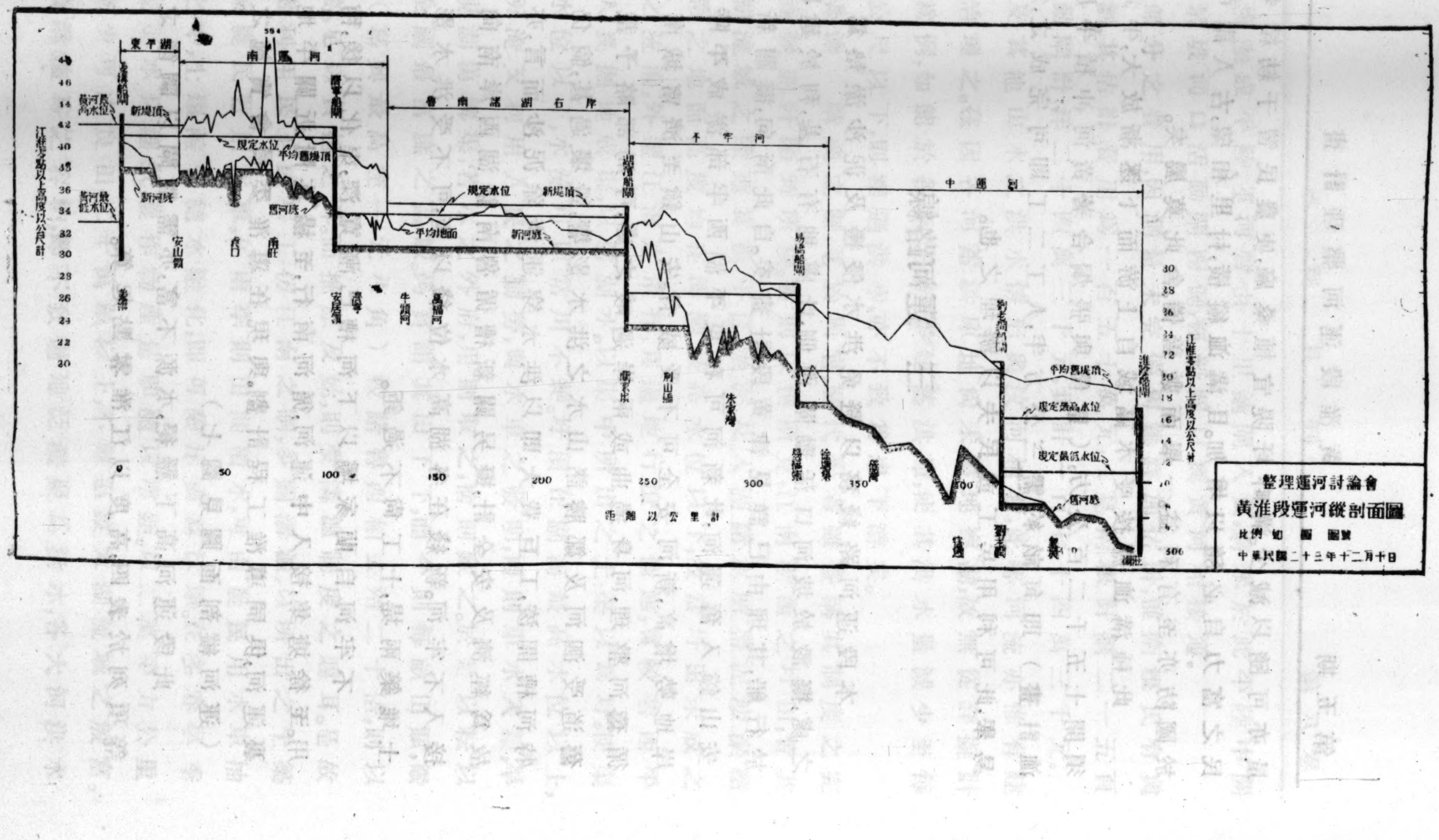
## 三　運河路線

本段運河路綫務以避免洪水侵擾及泥沙淤墊爲目的。北端入黃之處，擬設於坡河口活動閘西側，此處地有石基，利於建閘，河當凹岸，便於行船，其理由已詳見津黃段計畫矣。自此南向，擬闢新河穿東平湖至安山鎮入舊運河，此新河可在東平湖西半部淤成平陸後開闢之，庶兩岸地勢增高，新河安全，可不受威脅。安山鎮至濟甯城南石佛辛店間，擬循舊河整理，河身過曲或兩岸過峻之處，可局部略予裁直之。辛店以南，舊道受泗河及鄒滕諸山水之洪水影響，毀壞過甚，倘仍祇加恢復，則不特河槽開浚，工巨費大，即以洪水穿運淸除泥沙而言，亦覺勞費之無已。故爲經濟及安全計，擬另闢新槽循魯南諸湖西岸南向至藺家壩上游接入不牢河。新綫在各湖高水位綫以西，可不受洪水影響，即以開挖之土堆築兩堤，土工尙不過鉅。

不牢河自藺家壩以下河槽已漸寬深，渠化以後，稍加整理，即敷應用。至徐塘集，接入中運河，循河南行，至楊莊附近闢平地一公里許接於裏運河，俱同導淮工程計劃。與現在導淮委員會實施之工程呵成一氣。（運河縱剖面圖見圖七）

此段運河，高下懸絕，水源不富，亦需設閘以調節之。船閘名稱地點等項列於表四，高度以江淮零點起算。

圖七


整理運河討論會
黃淮段運河縱剖面圖
比例如圖
中華民國二十三年十二月十日
江淮零點以上高度以公尺計
距離以公里計
東平湖
南陽河
魯南諸湖右岸
不牢河
中運河
規定水位
平均舊堤頂
新堤頂
舊河底
新河底
平均地面
規定最高水位
規定最低水位
安山鎮
南旺
宿遷
窯灣
劉老澗
楊莊

## 表四　船閘位置水位表

| 船閘名稱 | 地址 | 距離以公里計 | 閘上水位以公尺計 | 閘下水位以公尺計 | 水級以公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 姜溝船閘 | 姜溝附近坡河口西側 | —— | 最高42.2<br>最低33.2 | 41.2 | 內向 1.0<br>外向 8.0 |
| 濟寧船閘 | 濟甯安居鎮附近 | 102 | 41.2 | 34.2 | 7.0 |
| 湖濱船閘 | 微山湖南端藺家壩迤上 | 138 | 34.2 | 27.2 | 7.0 |
| 易橋船閘 | 不牢河易橋鎮附近 | 81 | 27.2 | 20.2 | 7.0 |
| 劉老澗船閘 | 劉老澗附近六塘河口下游 | 97 | 20.2 | 最高16.0<br>最低11.0 | 9.2 |
| 淮陰船閘 | 楊莊附近截直段中 | 64.2 | 最高16.0<br>最低11.0 | 最高10.1<br>最低 6.8 | 9.2 |
| 共計 | | 482.2 | | | |

黃河最高最低水位之根據詳於津黃段計劃,茲定閘下水位爲四一點二公尺,於是姜溝船閘之水級有內外兩向,其閘頂閘底之高度完全受制於黃河水位,如縱剖面圖所示。濟寧湖濱易橋三閘水級俱爲七公尺,因無洪水經過,故水位無更高更低之時。易橋閘下中運河部份仍需兼作排洪之用,汎期上行船隻不免稍感困難。此項洪水均應由劉老澗洩水閘瀉入六塘河,故劉老澗船閘亦不需活動壩之設置劉老澗及淮陰二船閘之上下水位水級等俱見導淮工程計劃。

姜溝船閘因黃河淤沙過多,故用懸吊式閘門,以免障礙啓閉,其他各閘俱用對開式以期便利。閘廂淨寬一律十公尺,淨長一律一百公尺,檻上水深一律三公尺,閘牆鋼筋混凝土建造,取直立式,以節水量與減少放水時間。劉老澗及淮陰二閘已由導淮委員會建造,尺度微有不同,大體尙稱一致。

運河最小橫斷面仍與津黃段相同,即最小水深三公尺,河底寬十六公尺,兩坡一比二。按此斷面,在縱剖面圖上約略估計土方,共計約需

開挖河槽一六，二三六，〇〇〇立方公尺，取土築堤三，八六七，〇〇〇立方公尺，加礮築堤三，一五〇，〇〇〇立方公尺。表五示其分佈之狀。中運河部份兼作排洪，所需增挖土方未計在內。

表五　土方約數表

| 段落 | 長度以公里計 | 開挖河槽土方以立方公尺計 | 取土築堤土方以立方公尺計 | 加礮築堤土方以立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|
| 東平湖 | 28.0 | 420,000 | 2,564,000 | 420,000 |
| 南運河 | 99.0 | 2,667,000 | 201,000 | 48,000 |
| 魯南諸湖右岸 | 115.0 | 6,242,000 | 730,000 | 2,600,000 |
| 不牢河 | 92.9 | 6,266,000 | 324,000 | 0 |
| 中運河 | 149.1 | 435,000 | 48,000 | 0 |
| 淮陰閘引河 | 1.2 | 206,000 | 0 | 82,000 |
| 共計 | 482.2 | 16,236,000 | 3,867,000 | 3,150,000 |

## 四　需水量之估計

本段運河需水量之估計方法，仍與津黃段大致相同。所異者即灌溉用水一項不擬列入，蓋本段目前灌漑殊不發達，現有沿運諸湖之接濟，大概尙無匱乏之虞。將來如有大規模灌漑事業之規劃，自應事先妥籌水源。故本節所估計者，僅以航運需水量爲限，分爲（甲）蒸發損失（乙）渠身滲漏（丙）船閘用水及（丁）船閘漏水四項。

山東建設廳於民國二十一年起在各縣廣設蒸發量及雨量測站，並將二十一年一月至二十三年五月之記載抄送本會。又濟甯一站於民初間曾由山東南運籌辦處及督運工程局前後施測，其民五至民九之記載亦經搜集統計。惟江蘇方面之蒸發量記載殊爲缺乏，蘇建廳雖於二十年起在各縣設立測候分所，但謂各分所成立之期，旣不足三年，復經兩次停測，致各項記錄恆多間斷，不便統計。茲所用者，祇淮陰一處，

爲江淮水利局於民十一至民十三間所測,但該處雨量記載,則自民三起迄今未斷。

## 表六　逐月最大蒸發量表(公厘)

| 地點 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 共計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 東阿 | 26 | 40 | 107 | 181 | 217 | 180 | 186 | 143 | 127 | 138 | 99 | 19 | 1,463 |
| 東平 | 10 | 40 | 149 | 198 | 244 | 232 | 222 | 171 | 127 | 98 | 82 | 45 | 1,618 |
| 汶上 | 56 | 22 | 247 | 275 | 256 | 283 | 314 | 217 | 82 | 69 | 74 | 26 | 1,921 |
| 濟甯 | 49 | 58 | 107 | 165 | 221 | 296 | 245 | 171 | 168 | 160 | 78 | 39 | 1,757 |
| 嘉祥 | 30 | 88 | 135 | 202 | 192 | 302 | 237 | 186 | 137 | 158 | 74 | 35 | 1,776 |
| 滕縣 | 23 | 37 | 105 | 235 | 178 | 224 | 200 | 177 | 107 | 73 | 66 | 32 | 1,457 |
| 魚台 | 59 | 53 | 131 | 165 | 156 | 186 | 211 | 183 | 83 | 112 | 79 | 12 | 1,430 |
| 嶧縣 | 23 | 44 | 188 | 206 | 240 | 252 | 304 | 207 | 189 | 153 | 138 | 85 | 2,029 |
| 淮陰 | 34 | 42 | 92 | 142 | 142 | 186 | 196 | 166 | 106 | 93 | 64 | 53 | 1,316 |
| 平均 | 34 | 47 | 140 | 197 | 205 | 238 | 235 | 180 | 125 | 117 | 84 | 38 | 1,640 |

## 表七　逐月最小雨量表(公厘)

| 地點 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 共計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 東阿 | 0 | 0 | 0 | 11 | 37 | 50 | 108 | 44 | 44 | 0 | 0 | 22 | 316 |
| 東平 | 0 | 1 | 0 | 0 | 28 | 59 | 123 | 72 | 59 | 0 | 0 | 12 | 354 |
| 汶上 | 0 | 0 | 12 | 10 | 28 | 68 | 90 | 56 | 74 | 0 | 0 | 22 | 360 |
| 濟寧 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 | 56 | 128 | 100 | 22 | 0 | 2 | 0 | 319 |
| 嘉祥 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 34 | 29 | 91 | 55 | 0 | 0 | 22 | 294 |
| 滕縣 | 3 | 13 | 13 | 17 | 33 | 54 | 53 | 188 | 72 | 3 | - | 4 | 455 |
| 魚台 | 3 | 0 | 0 | 6 | 47 | 36 | 57 | 139 | 58 | 2 | 3 | 33 | 384 |
| 嶧縣 | 0 | 5 | 6 | 13 | 8 | 20 | 172 | 133 | 75 | 0 | 6 | 47 | 485 |
| 淮陰 | 0 | 2 | 0 | 10 | 11 | 14 | 26 | 14 | 21 | 0 | 2 | 0 | 100 |
| 平均 | 1 | 2 | 4 | 7 | 29 | 43 | 87 | 93 | 53 | 1 | 2 | 18 | 340 |

表六表七分列沿運各縣逐月最大蒸發量及最小雨量,表八則係二者逐月平均數之差,即作爲本段平均最大淨蒸發量。山東建設廳所用蒸發皿係小型圓盆,面積祇二百五十平方公分,雖用外加套盆,但其記載之數當仍高出廣大水面之蒸發量甚多。惟此應乘之係數尚無試驗根據,又與已有試驗者式樣無一近似,故尚難以臆定。同時因測量時期過短,致逐月最大蒸發量並不最大,逐月最小雨量並不最小,故所得最大淨蒸發量當較理論上十年或二十年之最大數量爲小,此又應乘一係數以提高其值。茲以兩種係數俱難決定,乃即假設兩數互相抵消表八所示,蓋即用其原值也。

## 表八 平均淨蒸發量表

| 月份 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 共計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 逐月最大蒸發量 | 34 | 47 | 140 | 197 | 205 | 238 | 235 | 180 | 125 | 117 | 84 | 38 | 1,640 |
| 逐月最小雨量 | 1 | 2 | 4 | 7 | 29 | 43 | 87 | 93 | 53 | 1 | 2 | 18 | 340 |
| 逐月最大淨蒸發量 | 33 | 45 | 136 | 190 | 176 | 195 | 148 | 87 | 72 | 116 | 82 | 20 | 1,300 |

## 表九 各閘間水面面積表

| 段落 | 長度(公尺) | 平均寬度(公尺) | 水面面積(平方公尺) |
|---|---|---|---|
| 姜溝船閘至濟甯船閘 | 102,000 | 40 | 4,080,000 |
| 濟甯船閘至湖濱船閘 | 138,000 | 30 | 4,140,000 |
| 湖濱船閘至易橋船閘 | 81,000 | 60 | 4,860,000 |
| 易橋船閘至劉老澗船閘 | 97,000 | 50 | 4,850,000 |
| 劉老澗船閘至淮陰船閘 | 64,200 | 40 | 2,568,000 |
| 共計 | 482,200 | | 20,498,000 |

表九爲各閘間水面面積約數,未有橫斷面圖,故平均寬度一項殊

難精確。表十及表十一係各閘間蒸發損失之水量,爲淨蒸發量與水面面積之乘積,分別以逐月總量及每秒數量列成二表。

渠身滲漏爲航運耗水之大宗,而其試驗之少根據之難尤較蒸發量爲甚。衛報計劃規定臨清黃河間每日垂直滲漏量採用三十公厘,黃河濟甯間採用二十公厘,濟甯韓莊間採用四十公厘韓莊台莊間採用七十五公厘。茲濟甯湖濱二閘間另用新線,沿魯南諸湖西岸,規定水位較各湖最低水位高出無幾,但係新開河槽。不無西向滲漏,故酌用三十公厘。劉老澗淮陰二閘間全用舊河,挖土甚少,且水位又低,滲漏自微,故用十五公厘。其他俱用二十公厘,以作估計。結果如表十二。

## 表十　蒸發損失估計表(甲)

| 月份 | 平均最大淨蒸發量以公厘計 | 蒸發損失以1000立方公尺計 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 姜溝至濟寧 | 濟寧至湖濱 | 湖濱至易橋 | 易橋至劉老澗 | 劉老澗至淮陰 | 全段 |
| 一月 | 33 | 135 | 137 | 160 | 160 | 85 | 677 |
| 二月 | 45 | 184 | 186 | 219 | 218 | 116 | 923 |
| 三月 | 136 | 555 | 563 | 661 | 660 | 349 | 2,788 |
| 四月 | 190 | 775 | 787 | 923 | 922 | 488 | 3,895 |
| 五月 | 176 | 718 | 729 | 855 | 854 | 452 | 3,608 |
| 六月 | 195 | 796 | 807 | 948 | 946 | 501 | 3,998 |
| 七月 | 148 | 604 | 613 | 719 | 718 | 380 | 3,034 |
| 八月 | 87 | 355 | 360 | 423 | 422 | 223 | 1,783 |
| 九月 | 72 | 294 | 298 | 350 | 349 | 185 | 1,476 |
| 十月 | 116 | 473 | 480 | 564 | 563 | 298 | 2,378 |
| 十一月 | 82 | 335 | 340 | 399 | 398 | 211 | 1,683 |
| 十二月 | 20 | 82 | 83 | 97 | 97 | 15 | 410 |
| 共計 | 1,300 | 5,306 | 5,383 | 6,318 | 6,307 | 3,339 | 26,653 |

## 表十一 蒸發損失估計表(乙)

| 月份 | 平均最大淨蒸發量以公釐計 | 蒸發損失以每秒立方公尺計 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 姜溝至濟甯 | 濟甯至湖濱 | 湖濱至易橋 | 易橋至劉老澗 | 劉老澗至淮陰 | 全段 |
| 一月 | 33 | 0.052 | 0.053 | 0.062 | 0.062 | 0.033 | 0.262 |
| 二月 | 45 | 0.071 | 0.072 | 0.084 | 0.084 | 0.045 | 0.356 |
| 三月 | 136 | 0.214 | 0.217 | 0.255 | 0.255 | 0.135 | 1.076 |
| 四月 | 190 | 0.299 | 0.304 | 0.356 | 0.356 | 0.188 | 1.503 |
| 五月 | 176 | 0.277 | 0.281 | 0.330 | 0.329 | 0.174 | 1.391 |
| 六月 | 195 | 0.307 | 0.312 | 0.366 | 0.365 | 0.193 | 1.543 |
| 七月 | 148 | 0.233 | 0.236 | 0.278 | 0.277 | 0.147 | 1.171 |
| 八月 | 87 | 0.137 | 0.139 | 0.163 | 0.163 | 0.086 | 0.688 |
| 九月 | 72 | 0.113 | 0.115 | 0.135 | 0.135 | 0.071 | 0.569 |
| 十月 | 116 | 0.183 | 0.185 | 0.218 | 0.217 | 0.115 | 0.918 |
| 十一月 | 82 | 0.129 | 0.131 | 0.154 | 0.153 | 0.081 | 0.648 |
| 十二月 | 20 | 0.032 | 0.032 | 0.038 | 0.037 | 0.020 | 0.159 |
| 共計 | 1,300 | | | | | | |

## 表十二 渠身滲漏估計表

| 段落 | 水面面積以1000平方公尺計 | 每日垂直滲漏量以公厘計 | 每月滲漏量以1000立方公尺計 | 每秒滲漏量以立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|
| 姜溝至濟甯 | 4,080 | 20 | 2,448 | 0.914 |
| 濟甯至湖濱 | 4,140 | 30 | 3,726 | 1.438 |
| 湖濱至易橋 | 4,860 | 20 | 2,916 | 1.125 |
| 易橋至劉老澗 | 4,850 | 20 | 2,910 | 1.123 |
| 劉老澗至淮陰 | 2,568 | 15 | 1,156 | 0.446 |
| 共計 | 20,498 | | 13,156 | 5.076 |

本段船閘用水大部南洩,惟姜溝一閘爲北洩。當黃河水位最高時,雖較閘內水位高出一公尺,但黃水淤濁不便引入,仍需於運河內吸水提高閘廂水位,再啓閘門。黃河水位高下不定,影響姜溝船閘之水級,衛根計劃曾擬有姜溝黃河逐月平均最低水位,玆即引用於表十三。每日啟閉仍定爲十五次,閘廂面積爲一千平方公尺,求得逐月總數及每秒平均數如下表。一二兩月十二月下半月假設爲冰期停航。

## 表十三　姜溝船閘用水估計表

| 月份 | 黃河平均最低水位在江淮零點以上公尺數 | 船閘上下游水位差度以公尺計 | 每日啓閉次數 | 船閘用水量以1000立方公尺計 | 平均每秒用水量以立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 三月 | 34.9 | 6.3 | 15 | 2,835 | 1.094 |
| 四月 | 34.9 | 6.3 | 15 | 2,835 | 1.094 |
| 五月 | 35.2 | 6.0 | 15 | 2,700 | 1.042 |
| 六月 | 34.9 | 6.3 | 15 | 2,835 | 1.094 |
| 七月 | 35.7 | 5.5 | 15 | 2,475 | 0.955 |
| 八月 | 36.2 | 5.0 | 15 | 2,250 | 0.868 |
| 九月 | 35.4 | 5.8 | 15 | 2,610 | 1.007 |
| 十月 | 35.4 | 5.8 | 15 | 2,610 | 1.007 |
| 十一月 | 35.0 | 6.2 | 15 | 2,790 | 1.076 |
| 十二月 | 34.8 | 6.4 | 15 | 1,440 | 1.111 |
| 共計 | | | | 25,380 | |

濟甯湖濱易橋三閘水級俱爲七公尺,因無洪水加入故無甚變動。計每次啟閉用水七千立方公尺,每日十五次,用水一〇五,〇〇〇立方公尺,全月以三十日計,共用水三,一五〇,〇〇〇立方公尺平均每秒一·二一五立方公尺。

劉老澗船閘下游水位與洪澤湖相通,其最低水位應以治導以後之情形爲準。導淮工程計劃規定洪澤湖水位在灌溉期前最低應爲一

三·六公尺,至灌溉期末降至一一·〇公尺,又歷洪水期之始終,最低應在一二·五公尺,以備攔洪之用。茲按此原則,擬定洪湖逐月平均最低水位如表十四。導淮會建築劉老澗船閘,閘室淨長一百十公尺,淨寬十公尺,閘牆用斜坡式,直一橫一·五,底高八·五公尺,最小水深二·五公尺,在一五·二公尺處,兩坡各留一公尺寬之縴道。於是耗水數量,因以大增,逐月總數及每秒平均數見表十四,最大達每秒五·六九立方公尺。

## 表十四　劉老澗船閘用水估計表

| 月份 | 洪澤湖將來最低水位在江淮零點以上公尺數 | 船閘上下游水位差數以公尺計 | 每日啓閉次數 | 船閘用水量以1000立方公尺計 | 平均每秒用水量以立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 三月 | 13.6 | 6.6 | 15 | 11,995 | 4.628 |
| 四月 | 13.0 | 7.2 | 15 | 12,720 | 4.907 |
| 五月 | 12.3 | 7.9 | 15 | 13,497 | 5.207 |
| 六月 | 11.6 | 8.6 | 15 | 14,203 | 5.479 |
| 七月 | 11.0 | 9.2 | 15 | 14,749 | 5.690 |
| 八月 | 12.5 | 7.7 | 15 | 13,283 | 5.125 |
| 九月 | 12.5 | 7.7 | 15 | 13,283 | 5.125 |
| 十月 | 12.7 | 7.5 | 15 | 13,062 | 5.039 |
| 十一月 | 12.9 | 7.3 | 15 | 12,835 | 4.952 |
| 十二月上半月 | 13.0 | 7.2 | 15 | 6 360 | 4.907 |
| 共計 | | | | 125,987 | |

淮陰船閘在低水時期水級俱小於劉老澗船閘,且有洪澤湖之接濟,故不具論焉。

船閘漏水之估計方法仍按津黃段例分爲流速及漏水面積二因子。流速公式化成公尺制爲 $V=2.2\sqrt{h}$,漏水面積在對開閘門爲一扇閘門與門檻間所留之三角形,門端寬度擬爲半英寸,面積爲 $0.0127\times6.1\times0.5=0.039$ 平方公尺。在懸吊式閘門擬爲門底與閘底間漏縫寬

四分之一英寸，面積為 0.0064×10＝0.064 平方公尺。茲除淮陰船閘可不計算外，姜溝劉老澗二閘因水級變化，特為各別計算列於表十五表十六。其他三閘水級俱為七公尺，俱用對開式閘門，故漏水速率俱為每秒五・八二立方公尺，漏水量為每秒〇・二二七立方公尺，全月五八八，〇〇〇立方公尺。

## 表十五　姜溝船閘漏水估計表

| 月　份 | 黃河平均最低水位在江淮零點以上公尺數 | 船閘上下游水位差度以公尺計 | 每秒漏水速率以公尺計 | 漏水面積以平方公尺計 | 每秒漏水量以立方公尺計 | 船閘漏水量以1000立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一　月 | 34.8 | 6.4 | 5.57 | 0.064 | 0.357 | 924 |
| 二　月 | 34.8 | 6.4 | 5.57 | 0.064 | 0.357 | 924 |
| 三　月 | 34.9 | 6.3 | 5.52 | 0.064 | 0.353 | 916 |
| 四　月 | 34.9 | 6.3 | 5.52 | 0.064 | 0.353 | 916 |
| 五　月 | 35.2 | 6.0 | 5.39 | 0.064 | 0.345 | 984 |
| 六　月 | 34.9 | 6.3 | 5.52 | 0.064 | 0.353 | 916 |
| 七　月 | 35.7 | 5.5 | 5.16 | 0.064 | 0.330 | 856 |
| 八　月 | 36.2 | 5.0 | 4.92 | 0.064 | 0.315 | 816 |
| 九　月 | 35.4 | 5.8 | 5.30 | 0.064 | 0.339 | 879 |
| 十　月 | 35.4 | 5.8 | 5.30 | 0.064 | 0.339 | 879 |
| 十一月 | 35.0 | 6.2 | 5.48 | 0.064 | 0.351 | 909 |
| 十二月 | 34.8 | 6.4 | 5.57 | 0.064 | 0.357 | 924 |
| 共　計 | | | | | | 10,753 |

## 表十六 劉老澗船閘漏水估計表

| 月份 | 洪澤湖將來最低水位在江淮零點以上公尺數 | 船閘上下游水位差度以公尺計 | 每秒漏水速率以公尺計 | 漏水面積以平方公尺計 | 每秒漏水量以立方公尺計 | 船閘漏水量以1000立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一月 | 13.3 | 6.9 | 5.78 | 0.039 | 0.225 | 584 |
| 二月 | 13.5 | 6.7 | 5.69 | 0.039 | 0.222 | 575 |
| 三月 | 13.6 | 6.6 | 5.65 | 0.039 | 0.220 | 571 |
| 四月 | 13.0 | 7.2 | 5.90 | 0.039 | 0.230 | 596 |
| 五月 | 12.3 | 7.9 | 6.18 | 0.039 | 0.241 | 625 |
| 六月 | 11.6 | 8.6 | 6.45 | 0.039 | 0.252 | 652 |
| 七月 | 11.0 | 9.2 | 6.67 | 0.039 | 0.260 | 674 |
| 八月 | 12.5 | 7.7 | 6.10 | 0.039 | 0.238 | 617 |
| 九月 | 12.5 | 7.7 | 6.10 | 0.039 | 0.238 | 617 |
| 十月 | 12.7 | 7.5 | 6.03 | 0.039 | 0.235 | 610 |
| 十一月 | 12.9 | 7.3 | 5.95 | 0.039 | 0.232 | 602 |
| 十二月 | 13.1 | 7.1 | 5.86 | 0.039 | 0.229 | 592 |
| 共計 | | | | | | 7,315 |

茲規定姜溝船閘至湖濱船閘間運河蒸發滲漏及姜溝濟甯湖濱三閘之用水漏水俱由戴村壩蓄水庫接濟,湖濱船閘至劉老澗船閘間運河蒸發滲漏及易橋劉老澗二閘之用水漏水俱由微山湖接濟,至於劉老澗淮陰二閘間之運河耗水及淮陰船閘之用水漏水,共計爲數不多,劉老澗船閘放下之水已足敷應用,無需於蓄水庫中另行儲備矣。

表十七列舉姜溝至湖濱閘間運河逐月需水總量,其蒸發損失渠身滲漏兩項俱爲該段運河耗水之和,船閘用水船閘漏水兩項係姜溝濟甯二閘之和,湖濱閘可復用濟甯閘放出之水,故不計及。總計全年共需水量一五七,八九一,〇〇〇立方公尺。最大在六月間,平均每秒用水五·八九立方公尺。

## 表十七　姜溝船閘至湖濱船閘間運河需水量估計表

| 月份 | 蒸發損失 | | 渠身滲漏 | | 船閘用水 | | 船閘漏水 | | 共計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 |
| 一月 | 272 | 0.105 | 6,174 | 2.382 | 0 | 0 | 16512 | 0.584 | 7,958 | 3.071 |
| 二月 | 370 | 0.143 | ,, | ,, | 0 | 0 | 1,512 | 0.584 | 8,056 | 3.109 |
| 三月 | 1,118 | 0.431 | ,, | ,, | 5,985 | 2.309 | 1,504 | 0.580 | 14,781 | 5.702 |
| 四月 | 1,562 | 0.603 | ,, | ,, | 5,985 | 2.309 | 1,504 | 0.580 | 15,225 | 5.874 |
| 五月 | 1,447 | 0.558 | ,, | ,, | 5,850 | 2.257 | 1,482 | 0.572 | 14,953 | 5.769 |
| 六月 | 1,603 | 0.619 | ,, | ,, | 5,985 | 2.309 | 1,504 | 0.580 | 15,266 | 5.890 |
| 七月 | 1,217 | 0.469 | ,, | ,, | 5,625 | 2.170 | 1,444 | 0.557 | 14,460 | 5.578 |
| 八月 | 715 | 0.276 | ,, | ,, | 5,400 | 2.083 | 1,404 | 0.542 | 13,693 | 5.283 |
| 九月 | 592 | 0.228 | ,, | ,, | 5,760 | 2.222 | 1,467 | 0.566 | 13,993 | 5.498 |
| 十月 | 953 | 0.368 | ,, | ,, | 5,760 | 2.222 | 1,467 | 0.566 | 14,354 | 5.538 |
| 十一月 | 675 | 0.260 | ,, | ,, | 5,940 | 2.291 | 1,497 | 0.578 | 14,286 | 5.511 |
| 十二月上半月 | 82 | 0.032 | 3,087 | ,, | 3,015 | 2.326 | 756 | 0.584 | 6,940 | 5.314 |
| 十二月下半月 | 83 | 0.032 | ,, | ,, | 0 | 0 | 756 | 0.584 | 3,926 | 2.998 |
| 共計 | 10,689 | | 74,088 | | 55,305 | | 17,809 | | 157,891 | |

表十八爲湖濱閘至劉老澗閘間運河逐月需水總量,蒸發滲漏兩項來源同前,船閘用水係以劉老澗閘爲代表,因其用水較多,船閘漏水除前三月外亦以該閘爲代表,前三月易橋船閘水級較大,故用易橋之數。此船閘用水漏水二項本可復用湖濱船閘放出之水,惟爲管理便利起見,仍以在微山湖預留地步爲宜,蓋否則如船閘啓閉次數稍有不同,即將影響運河水位矣。總計全年共需水量二一五,八七三,〇〇〇立方公尺,最大在七月間,每秒八點七五立方公尺。

## 表十八　湖濱船閘至劉老澗船閘運河需水量估計表

| 月　份 | 蒸發損失 | | 渠身滲漏 | | 船閘用水 | | 船閘漏水 | | 共計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 | 1000立方公尺 | 每秒立方公尺 |
| 一　月 | 320 | 0.124 | 5,826 | 2.248 | 0 | 0 | 588 | 0.227 | 6,734 | 2.599 |
| 二　月 | 437 | 0.168 | ,, | ,, | 0 | 0 | 588 | 0.227 | 6,851 | 2.643 |
| 三　月 | 1,321 | 0.510 | ,, | ,, | 11,995 | 4.628 | 588 | 0 227 | 19,730 | 7.613 |
| 四　月 | 1,845 | 0.712 | ,, | ,, | 12,720 | 4.907 | 596 | 0.230 | 20,987 | 8.097 |
| 五　月 | 1,709 | 0.659 | ,, | ,, | 13,497 | 5.207 | 625 | 0.241 | 21,657 | 8.355 |
| 六　月 | 1,894 | 0.731 | ,, | ,, | 14,203 | 5.479 | 652 | 0.252 | 22,575 | 8.710 |
| 七　月 | 1,437 | 0.555 | ,, | ,, | 14,749 | 5.690 | 674 | 0.260 | 22,686 | 8.753 |
| 八　月 | 845 | 0.326 | ,, | ,, | 13,283 | 5.125 | 617 | 0.238 | 20,571 | 7.937 |
| 九　月 | 699 | 0.270 | ,, | ,, | 13,283 | 5.125 | 617 | 0.238 | 20,425 | 7.881 |
| 十　月 | 1,127 | 0.435 | ,, | ,, | 13,062 | 5.039 | 610 | 0.235 | 20,625 | 7.957 |
| 十一月 | 797 | 0.307 | ,, | ,, | 12,835 | 4.952 | 602 | 0.232 | 20,060 | 7.739 |
| 十二月上半月 | 97 | 0.037 | 2,913 | ,, | 6,360 | 4.907 | 296 | 0.229 | 9,666 | 7.421 |
| 十二月下半月 | 97 | 0.038 | ,, | ,, | | 0 | 296 | 0.229 | 3,306 | 2.515 |
| 共　計 | 12,625 | | 69,912 | | 125,987 | | 7,349 | | 15,873 | |

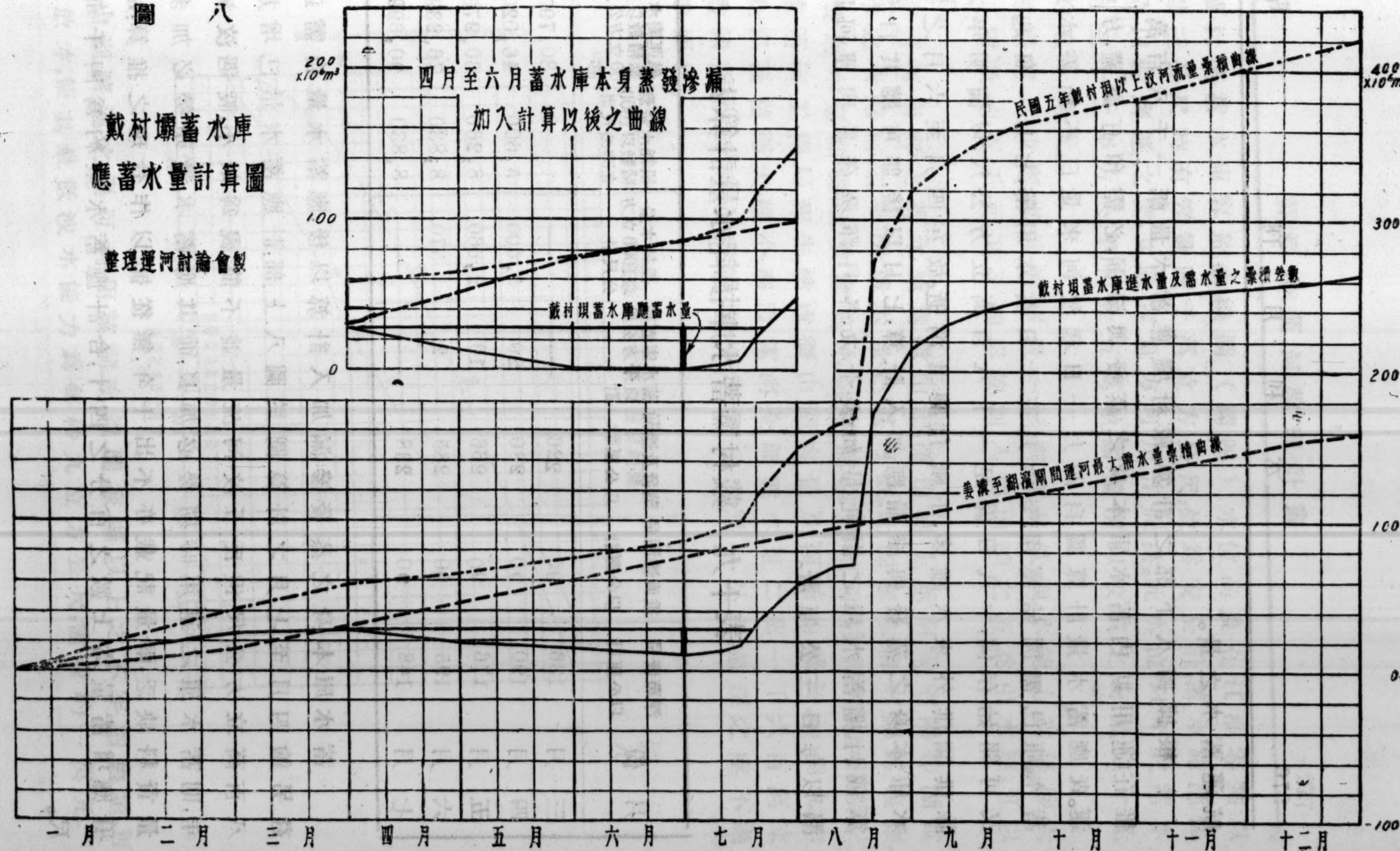
## 五　蓄水庫

戴村壩蓄水庫之上源爲汶河，擁有流域面積八千四百方公里，最大流量達每秒六千立方公尺，惟其低水情形，尙難加以臆斷。查汶河曾經施測流量者，爲民國四五六八九等年，而其中紀錄完整全年不斷者，則惟民五一年而已。據泰安濟甯兩站僅有之雨量記載觀之，泰安民五全年降雨四六二公厘，濟甯四八四公厘，比較已屬甚小，故即以民五流量記載代表汶河枯水年份。是年汶河測站，在戴村壩迤下，大清河測站，在南城子，二數之和，即爲蓄水庫之進水流量。茲將汶河進水量及航運需水量分別製成纍積曲線，如圖八，用圖解法以求戴村壩蓄水庫應爲

圖八

戴村壩蓄水庫
應蓄水量計算圖

整理運河討論會製



航運蓄水之量。

根據圖八下部之計算,戴村壩應蓄水量祗一千八百萬立方公尺,惟在運用期內蓄水庫本身之蒸發與滲漏,必需預有儲備,方免妨碍濟運。查應蓄水量計算圖自四月一日起汶河來量已不如需水量之多,即蓄水庫已需開始運用,至六月三十日蓄水用罄,七月一日起來水較多,又可開始存儲,十八日儲足一千八百萬立方公尺,以備明年之用,此後除供攔洪外,來水雖多,亦祇有聽其消逝。故在四月至六月之期間內,蓄水庫本身之蒸發與滲漏應加入計算,七月以後,卽可聽其自然矣。茲計算戴村壩蓄水庫之損耗量如表十九,各月淨蒸發量與運河同,垂直滲漏以每日三公厘計。

## 表十九　戴村壩蓄水庫損耗水量計算表

| 月份 | 淨蒸發量以公厘計 | 垂直滲漏量以公厘計 | 蒸發及滲漏以公厘計 | 蓄水庫面積以平方公里計 | 損耗水量以1000立方公尺計 | 損耗水量累積數以1000立方公尺計 | 航運需水量累積數以1000立方公尺計 | 共計累積數以1000立方公尺計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 三月 | 136 | 90 | 226 | — | — | 0 | 30,795 | 30,795 |
| 四月 | 190 | 90 | 280 | 20 | 5,600 | 5,600 | 46,020 | 51,620 |
| 五月 | 176 | 90 | 266 | 10 | 2,660 | 8,260 | 60,973 | 69,233 |
| 六月 | 195 | 90 | 285 | 2 | 570 | 8,830 | 76,239 | 85,069 |
| 七月 | 148 | 90 | 238 | — | — | 8,830 | 90,699 | 99,529 |

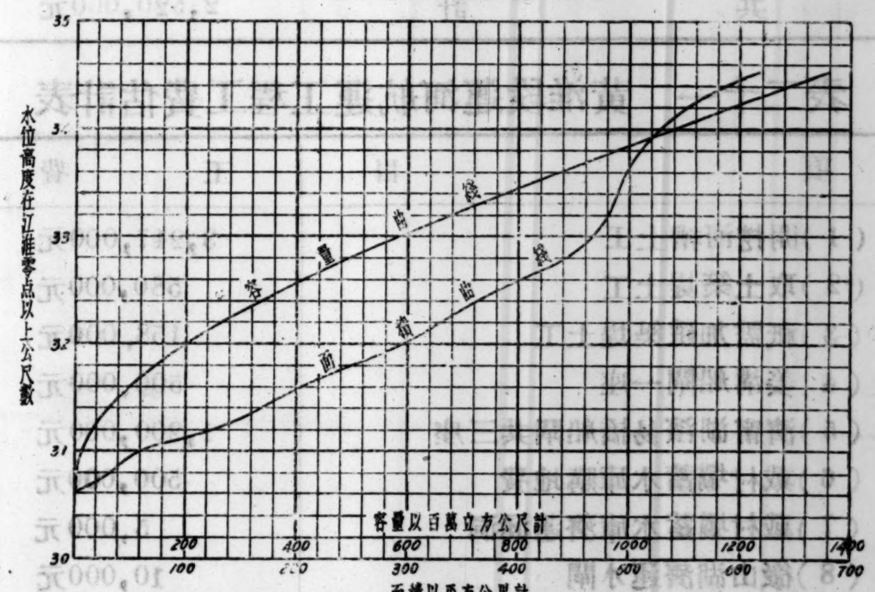
蓄水庫本身之蒸發滲漏加入計算以後,應蓄水量自需連帶增加。茲另繪四月至七月之計算圖於圖八上部,計應蓄水量已增加為二千八百萬立方公尺。但民五汶河流量並不能視為最小,設遇汶流更小之年,則蓄水庫之運用時期勢必加長,而其應蓄水量亦勢必加多。茲以流量資料缺乏,雨量記載亦不出十年,無從據以作合理之推算,姑暫定此項應增蓄量為上數之百分之四十,合計應蓄水量約為四千萬立方公尺。

查戴村壩蓄水庫容量曲線圖（圖四）水位高度在江淮零點以上五六點三公尺時有容量四千萬立方公尺,故爲安全計,蓄水庫應保持此水位以備濟運之需,其餘容量方可用作攔洪。此水位以下之蓄水庫面積有三十二平方公里,約合五萬畝,需備價以收買之,每畝以十元計,需費約五十萬元。

戴村壩蓄水庫應專爲濟運置一涵洞,其最低洩水能力爲每秒六立方公尺,需款約五千元。其下即以汶河入蜀山湖之道爲引水渠,可以不需土工。

本段運河南部之蓄水庫爲微山湖,微山湖上承南陽昭陽等湖爲魯南諸水之所歸宿,常年所積水量已甚可觀。此湖來水情形頗爲複雜,無從繪製進水量曲線,故其應蓄水量不能以纍積曲綫圖解法計算之。茲據山東運河工程局報告,繪成微山湖容量及面積曲綫圖,如圖九。由此可知此湖面積極大,縱令南段運河全部需水量二萬一千六百萬立方公尺盡賴蓄水接濟,亦祇需維持水位三二點一公尺,最深之處不過一公尺半而已。

微山湖容量及面積曲綫圖




圖九

微山湖濟運之渠可利用該湖南端藺家壩以上之不牢河舊道,可設一閘放水,使其最低洩水能力爲每秒九立方公尺,需費約一萬元。

## 六 工程估計

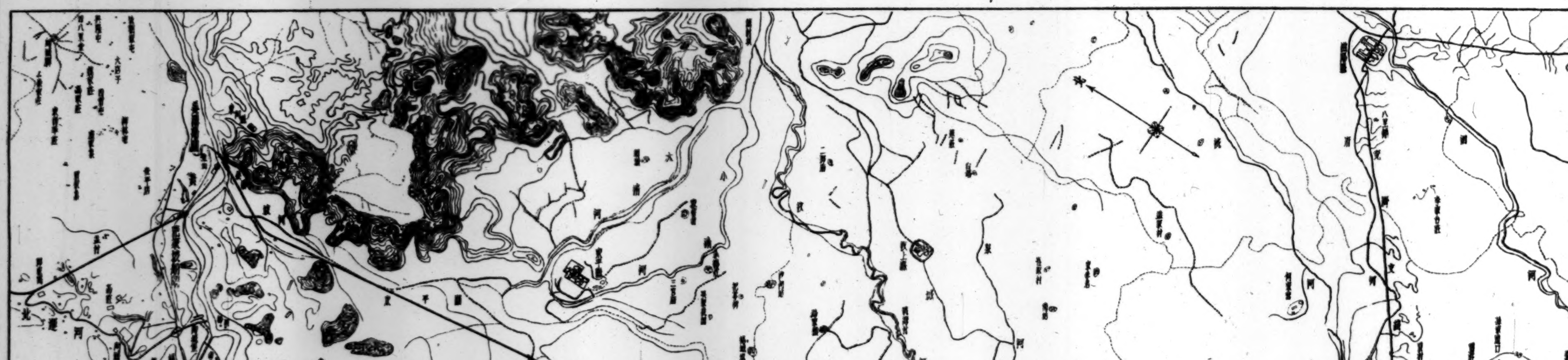
本段運河整理計劃計分爲排洪航運兩大部份,排洪工程中又分爲汶泗及運西三類,其中泗河及其他山水因資料不足尚待估計,運西溝洫由民夫或兵工爲之,不列工費,惟汶河排洪工程已有初估,玆列於表二十,共計需費二百五十二萬元。航運工程之工費列於表二十一,除劉老澗及淮陰二船閘已由導淮會建築不列工費外,其他共需工費六百八十二萬元。

### 表二十 汶河排洪工程估計表

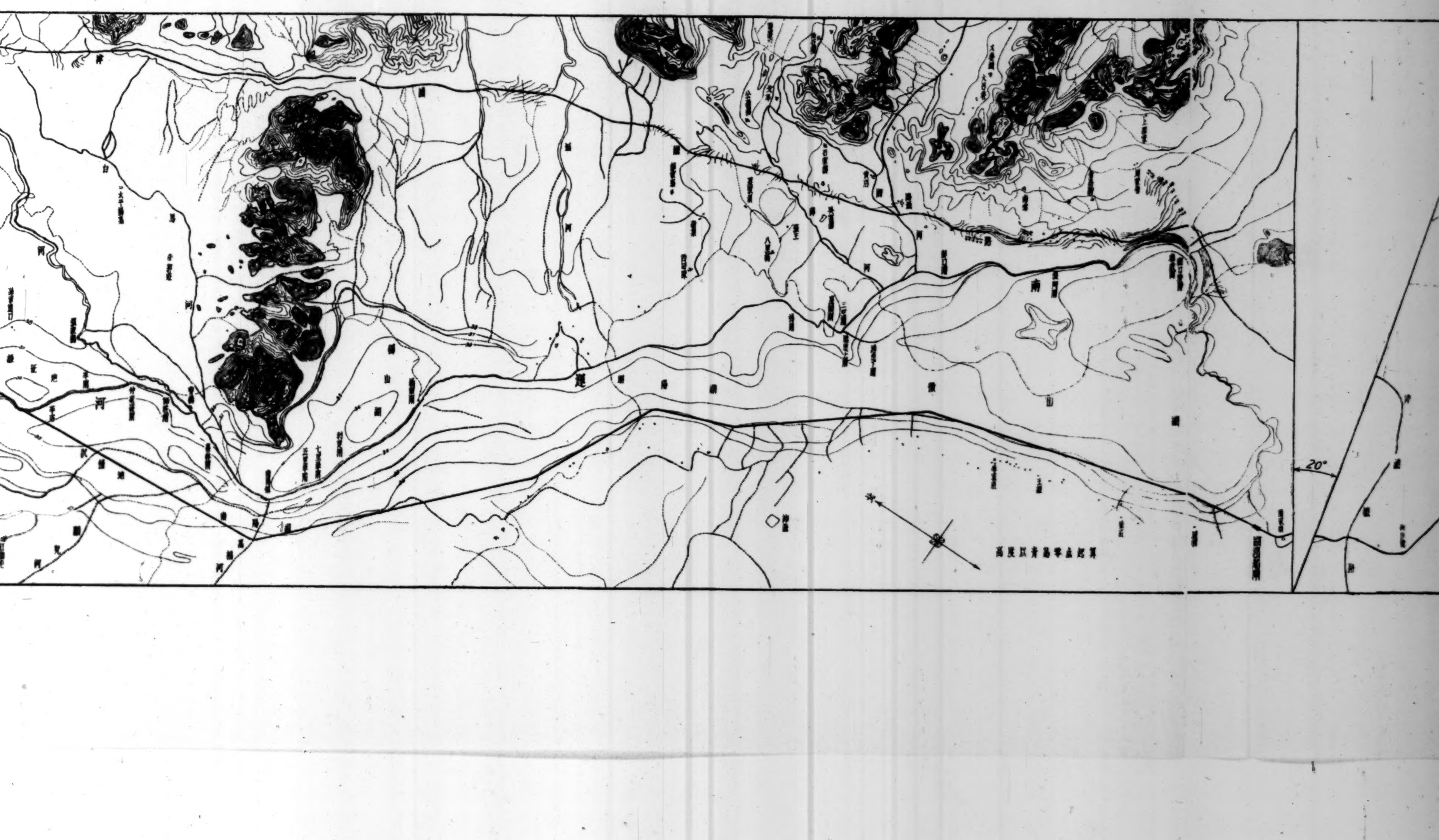
| 項目 | 工費 |
| --- | --- |
| (1)戴村壩蓄水庫攔洪土壩土工 | 246,000元 |
| (2)戴村壩蓄水庫洩水洞十孔 | 300,000元 |
| (3)大小淸河整理工程 | 1,500,000元 |
| (4)坡河口活動閘 | 243,000元 |
| (5)工程管理費(百分之十) | 231,000元 |
| 共計 | 2,520,000元 |

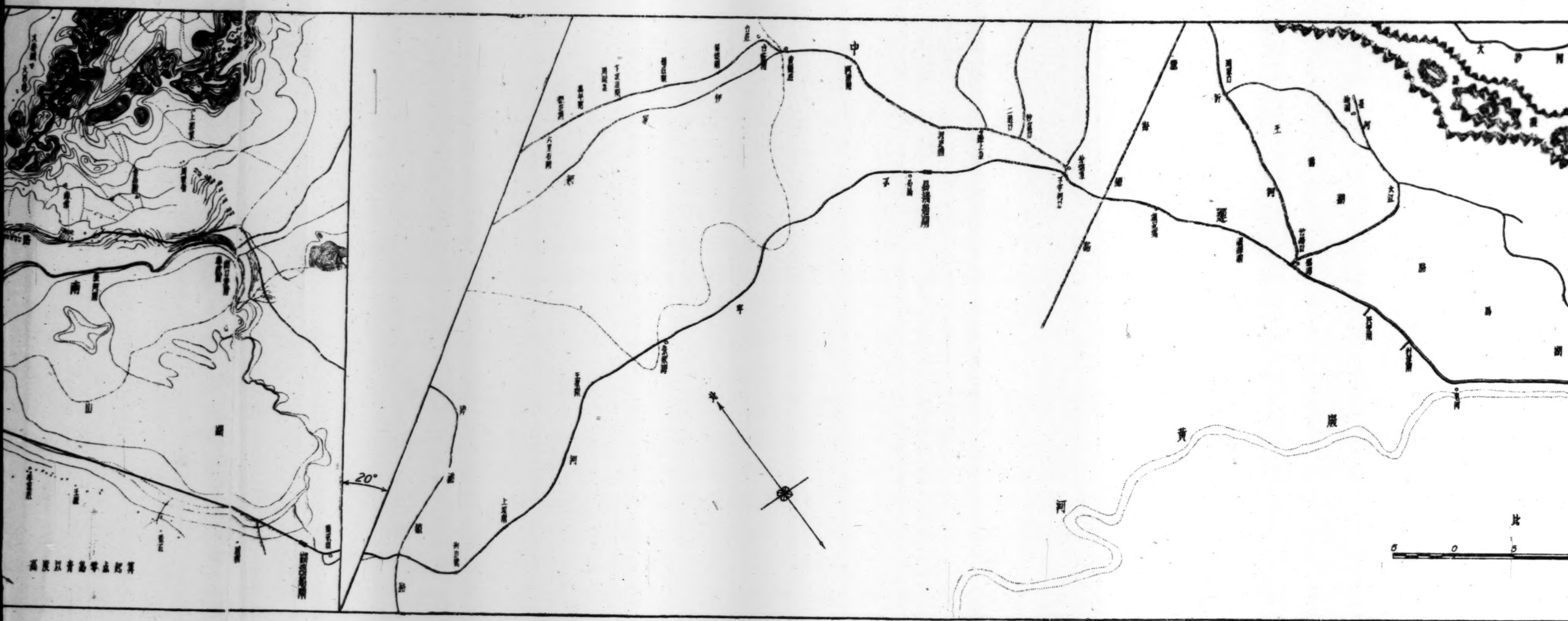
### 表二十一 黃淮段運河航運工程工費估計表

| 項目 | 工費 |
| --- | --- |
| (1)開挖河槽土工 | 3,247,000元 |
| (2)取土築堤土工 | 580,000元 |
| (3)祇需加破築堤土工 | 158,000元 |
| (4)姜溝船閘一座 | 500,000元 |
| (5)濟甯湖濱易橋船閘共三座 | 1,200,000元 |
| (6)戴村壩蓄水庫購地費 | 500,000元 |
| (7)戴村壩蓄水庫濟運涵洞 | 5,000元 |
| (8)微山湖濟運水閘 | 10,000元 |
| (9)工程管理費(百分之十) | 620,000元 |
| 共計 | 6,820,000元 |




0
5
10


20°




整理運河討論會
黃淮段運河平面圖
比例 1:200000
中華民國二十四年一月二十日
比例尺

# 度量分析

Alton C. Chick 原著　　薛履坦　汪胡楨合譯

度量定理之要素,雖創自牛頓(Sir Isaac Newton,)但明白顯示物理數量之度量意義,或度量次數實已見於 Fourier 1882 年所著 Théorie de la Chaleur 第二章第九節。

惟此種分析問題方法之普遍應用直至 Stokes 與 Lord Rayleigh 以後始有之。

倘物理系統之種類及參入問題內之變數爲已知之時;則應用度量分析以解决某種問題實迅速而簡單,此法可使附着各種物理現象各數量間之關係自然表示。惟此法之應用亦有範圍,則爲我人所不可不知也。

據 Buckingham 所述,度量分析之用途如下:

(1) 引導注意點於必須測驗之事項,並指明爲問題簡單化起見應有之初步假定。

(2) 減少各數量之種數,指出求得資料之最經濟方法。

(3) 可以明瞭實驗公式之應用範圍,而使人憬悟此種公式之應用,如超出試驗範圍實不可信任。

(4) 應用此種定理可使英尺制與公尺制互相換算而免錯誤。

(5) 可使某種事件經過數次實驗,即可得充分可靠之資料而不必多費實驗時間。

度量分析之定理首須使正確完全之物理方程式中每項均用同一之單位。如單位改變,則此方程式即因同一之比率而變化。

度量分析中所研究之數量有二種其一爲有量數, Dimensional 其一爲無量數 Dimensionless。

有量數者可用一種或若干種人爲單位表示之。據 Buoker 所述研究現代物理學識必須之數量爲五,如下:

(1)長度

(2)時間

(3)質量

(4)透電量

(5)溫度

如有以上五種數量即可用以表示幾何,物體運動,動力,電熱等性質。惟有時擇用數種例外之數量如熱量,力量等。

無量數者即數量之單位變換時並不隨以變換之數量也。通常無量數爲一比率,例如坡度,比重, Reynold's number (雷氏數) 等。

前已言度量分析之應用亦有時而窮據 Tolman 所述此法必須借助於別種方法之事項如次:

(1)由理論演繹而得之方程式內常含有常數,此項常數之確定須借助於度量分析以外之方法,例如試驗。

(2)在用度量分析之前必須明瞭或假定某種物理公式內有關係之數量,故對於所研究之問題必須作透澈之研究。否則將毫無關係之數量攔入其間,而將重要之因素略去,所得之結果必多錯誤。

(3)最使度量分析受限制者,即在某種情形下苟不決定有量數之常數,即無法決定無量數之乘積,在此種情形下可利用相似律以獲得簡單之解決方法。

## 單位與度量

在進一步研究度量分析及其應用以前,必須將若干度量公式之演解法加以說明。於此可知物理數量均可化成若干基本單位,爲目前之應用計,則以長度質量及時間爲最普通,以L, M, T 表之。研究熱學時

應加另一基本單位 $\theta$,即溫度是也。

## 組成單位

組成單位係基本單位所組成。例如:

面積　面積爲長與闊之乘積。除畸形模型外(即長寬之比例尺不相等之模型)均以同一長度單位爲單位。故面積係長度之二次式。

即 〔面積〕=〔長〕×〔寬〕=〔$L^2$〕

體積　爲長寬高之乘積故爲長度之三次式即

〔體積〕=〔長〕×〔寬〕×〔高〕=$L^3$

速度　速度爲單位時間內所運動之距離故

$$〔速度〕=\frac{〔長〕}{〔時〕}=\left[\frac{L}{T}\right]=\left[LT^{-1}\right]$$

加速度　爲單位時間內速度之增減故

$$〔加速度〕=\frac{\left[速度\right]}{〔時〕}=\frac{\left[\frac{L}{T}\right]}{T}=\left[\frac{L}{T^2}\right]=\left[LT^{-2}\right]$$

流量　水力學上之流量爲單位時間內所流出之體積故

$$〔流量〕=\frac{〔體積〕}{〔時〕}=\left[\frac{L^3}{T}\right]=\left[L^3T^{-1}\right]$$

流量又可視爲流速與面積之乘積即

$$〔流量〕=〔速度〕\times〔面積〕=\frac{L}{T}\times L^2=\frac{L^3}{T}=L^3T^{-1}$$

力　力爲使物體運動或停止之原因,係質量與加速度之乘積故

$$〔力〕=〔質量〕\times〔加速度〕=M\frac{L}{T^2}=MLT^{-2}$$

工能　工能爲力與距離之乘積故

$$〔工能〕=〔力〕〔長度〕=MLT^{-2}\times L=ML^2T^{-2}$$

能力　能力爲物體作成工能之原因,故其單位與工能相同

動量　動量爲質量與速度之乘積故

$$〔動量〕=〔質量〕〔速度〕= M\frac{L}{T} = MLT^{-1}$$

各種物理數量均可如以上所舉之例化成基本單位數量,符號與有量數公式。

爲便利計,將水力學上常遇之數量作成附表。此表所用換算率如次:

長度　1公尺=39.37000000英寸

地球加速度　$g=980.6650000\ cm/sec^2=32.17398421\ ft/sec^2$

質量　1公分(gram)=0.00006852189438 Slug.

力　1公斤=2.204622373磅

此表之後另附一表載明水空氣水銀在各種溫度之密度與絕對粘度,以便相似律之應用。

水銀與空氣因偶爲某種實驗所需要故亦附在表中,如作試驗時使實物與模型之重力加速度相等時,則可用〔26〕式以算得其關係。

在某種情形下,吾人可選用別種液體以代水,以期獲得格外確切之比例。W. N. Bond 於"An Introduction to Fluid Motions", 1925, 曾主張用甘油與水之混合物以代水。此種混合液在18°c時之密度及粘度如下

## 甘油與水混合液

18°c, C.G.S.單位

| %甘油 | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 密度 $\rho$ | 1.26 | 1.21 | 1.15 | 1.10 | 1.05 | 1.00 |
| 粘度 $\mu$ | 10.0 | 0.56 | 0.11 | 0.04 | 0.019 | 0.0105 |

爲便利計長度之比率以 $\lambda$ 表之,時間之比率以 $\tau$ 表之,關於模型之數量加小註 m 於符號之下。

柏列格孟 (Bridgman) 於伊所著之度量分析學中,曾詳論以度量

| NAME OF QUANTITY | SYMBOL | COMMON ENGLISH UNIT | DIMENSIONAL FORMULA: IN TERMS OF MASS LENGTH TIME | DIMENSIONAL FORMULA: IN TERMS OF FORCE LENGTH TIME | TO CONVERT FROM THE FOLLOWING SYSTEM CM-GRAM-SEC OR CM-DYNE-SEC TO THE FOLLOWING SYSTEM FT-SLUG-SEC OR FT-LB$_F$-SEC MULTIPLY BY THE CONVERSION RATIO BELOW | FROM FT-SLUG-SEC OR FT-LB$_F$-SEC TO CM-GRAM-SEC OR CM-DYNE-SEC | FROM M-GKG$_M$-SEC OR M-KG$_F$-SEC TO FT-SLUG-SEC OR FT-LB$_F$-SEC | FROM FT-SLUG-SEC OR FT-LB$_F$-SEC TO M-GKG$_M$-SEC OR M-KG$_F$-SEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| **GEOMETRICAL QUANTITIES** | | | | | | | | |
| LENGTH ½ | $L^{1/2}$ | $Ft^{1/2}$ | $L^{1/2}$ | $L^{1/2}$ | $0.18113_1$ | $5.5208_7$ | $1.8113_0$ | $0.55208_8$ |
| LENGTH (ANY LINEAR DIMEN.) | $L$ | | | | | | | |
| DISTANCE | $s$ | | | | | | | |
| DEPTH | $D$ | | | | | | | |
| HEAD. | $h$ | Ft | L | L | $0.032808_3$ | $30.480_0$ | $3.2808_3$ | $0.30480_0$ |
| DIAMETER | $d$ | | | | | | | |
| RADIUS | $r$ | | | | | | | |
| HYDRAULIC RADIUS | $R$ | | | | | | | |
| WETTED PERIMETER | $P$ | | | | | | | |
| LENGTH 3/2 | $L^{3/2}$ | $Ft^{3/2}$ | $L^{3/2}$ | $L^{3/2}$ | $59425.9\times10^{-7}$ | $168.27_7$ | $5.9425_9$ | $0.16827_7$ |
| AREA | $A$ | $Ft^2$ | $L^2$ | $L^2$ | $10763.8\times10^{-7}$ | $929.03_4$ | $10.763_9$ | $0.092903_4$ |
| LENGTH 5/2 | $L^{5/2}$ | $Ft^{5/2}$ | $L^{5/2}$ | $L^{5/2}$ | $19496.6\times10^{-8}$ | $5128.0_8$ | $19.496_6$ | $0.051290_8$ |
| VOLUME | $V$ | $Ft^3$ | $L^3$ | $L^3$ | $35314.4\times10^{-3}$ | $28317.0$ | $35.314_4$ | $0.028317_0$ |
| LENGTH 7/2 | $L^{7/2}$ | $Ft^{7/2}$ | $L^{7/2}$ | $L^{7/2}$ | $63965.3\times10^{-10}$ | 156334 | $63.965_3$ | $0.015633_4$ |
| LENGTH 4 | $L^4$ | $Ft^4$ | $L^4$ | $L^4$ | $11586.0\times10^{-10}$ | 863104. | $115.86_0$ | $86310.4\times10^{-7}$ |
| LENGTH 5 | $L^5$ | $Ft^5$ | $L^5$ | $L^5$ | $38012.0\times10^{-12}$ | $26307.4\times10^{3}$ | 380.120 | $26307.4\times10^{-7}$ |
| **KINEMATICAL QUANTITIES** | | | | | | | | |
| TIME | $t$ | Sec | T | T | | | | |
| REVOLUTIONS PER TIME | $n$ | R.P.S. | 1/T | 1/T | | | | |
| ANGULAR VELOCITY | $\omega$ | Radians/Sec | | | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ |
| ANGULAR ACCELERATION | $\alpha$ | Radians/Sec² | $1/T^2$ | $1/T^2$ | | | | |
| VELOCITY | $v$ | Ft/Sec. | L/T | L/T | | | | |
| ACCELERATION | $a$ | | | | $0.032808_3$ | $30.480_0$ | $3.2808_3$ | $0.30480_0$ |
| ACCELERATION DUE TO GRAVITY | $g$ | Ft/Sec² | $L/T^2$ | $L/T^2$ | | | | |
| KINEMATIC VISCOSITY | $\nu=\mu/\rho$ | Ft²/Sec | $L^2/T$ | $L^2/T$ | $10763.8\times10^{-7}$ | $929.03_4$ | $10.763_9$ | $0.092903_4$ |
| DISCHARGE | $Q$ | Ft³/Sec | $L^3/T$ | $L^3/T$ | $35314.4\times10^{-9}$ | $28317.0$ | $35.314_4$ | $0.028317_0$ |
| **DYNAMICAL QUANTITIES** | | | | | | | | |
| MASS | $m$ | Slug | M | $FT^2/L$ | | | | |
| SURFACE TENSION | $\sigma$ | | | | $68521.9\times10^{-9}$ | $14593.8$ | $0.67197_0$ | $1.4881_6$ |
| STIFFNESS | $k$ | Lb/Ft | $M/T^2$ | F/L | | | | |
| VISCOSITY (COEFF OF VISCOSITY) | $\mu$ | Lb×Sec/Ft² | M/LT | $FT/L^2$ | | | | |
| PRESSURE (UNIT STESS) | $p$ | | | | $20885.5\times10^{-7}$ | $478.80_1$ | $0.20481_7$ | 4.8824 |
| MODULUS OF ELASTICITY | $e$ | Lb/Ft² | $M/LT^2$ | $F/L^2$ | | | | |
| SHEARING MODULUS | $e_s$ | | | | | | | |
| SPECIFIC WEIGHT (UNIT WT.) | $\gamma$ | Lb/Ft³ | $M/L^2T^2$ | $F/L^3$ | $63659.2\times10^{-6}$ | $15.708_7$ | $0.062428_3$ | $16.018_4$ |
| PRESSURE GRADIENT | $i$ | Lb/Ft²/Ft | | | | | | |
| DENSITY | $\rho$ | Slugs/Ft³ | $M/L^3$ | $FT^2/L^4$ | $1.9403_4$ | $0.51537_5$ | $0.019028_2$ | $52.553_6$ |
| IMPULSE | $I$ | Lb×Sec | ML/T | FT | | | | |
| MOMENTUM | $M$ | Slug×Ft/Sec | | | $22480.9\times10^{-10}$ | 444822. | $2.2046_2$ | $0.45359_2$ |
| FORCE | $F$ | | | | | | | |
| WEIGHT | $w$ | Lb | $ML/T^2$ | F | | | | |
| TORQUE | $T$ | | | | | | | |
| ENERGY | $E$ | Ft×Lb | $ML^2/T^2$ | FL | | | | |
| WORK | $W$ | | | | $73756.1\times10^{-12}$ | $13588.2\times10^{3}$ | $7.2329_9$ | $0.13825_5$ |
| HEAT (MECH. EQUIVALENT) | $H$ | | | | | | | |
| POWER | $P$ | Ft×Lb/Sec | $ML^2/T^3$ | FL/T | | | | |
| HEAT FLOW (MECH. EQUIV.) | $H/t$ | | | | | | | |
| **DIMENSIONLESS QUANTS.** | | | | | | | | |
| SLOPE (GEOMETRICAL) | $i$ | | DIMENSIONLESS | | | | | |
| ANGLE (GEOMETRICAL) | $\varphi$ | | " | " | | | | |
| RELATIVE ELONGATION | $\epsilon$ | | " | " | | | | |
| RELATIVE DETRUSION | $\delta$ | | " | " | | | | |
| REYNOLDS' NUMBER | $R=vL/\nu$ | | | " | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ | $1.0000_0$ |
| FROUDE'S NUMBER | $v^2/Lg$ | | " | " | | | | |
| THOMPSON'S NUMBER | $t^2ae$ | $a=640\times10^{-12}\frac{m^4}{Kg\,Sec^2}$ | " | " | | | | |
| CAUCHY'S NUMBER | $v^2/\nu$ | $\nu=e/\rho$ | | " | | | | |
| WEBER'S NUMBER | $v^2L/\omega$ | $\omega=\sigma/\rho$ | | " | | | | |
| **THERMAL QUANTITIES** | | | | | | | | |
| TEMPERATURE | $T$ | | t | t | $F°=\frac{9}{5}C°+32$ | $C°=\frac{5}{9}(F°-32)$ | $F°=\frac{9}{5}C°+32$ | $C°=\frac{5}{9}(F°-32)$ |
| ABSOLUTE TEMPERATURE | $T_0$ | | $\theta$ | $\theta$ | $F°=\frac{9}{5}C°$ | $C°=\frac{5}{9}F°$ | $F°=\frac{9}{5}C°$ | $C°=\frac{5}{9}F°$ |

# TABLE OF ABSOLUTE VISCOSITIES AND DENSITIES FOR WATER, MERCURY AND AIR

| TEMP. | | ABSOLUTE VISCOSITY $\mu = \frac{dyne \times sec}{sq. cm.}$ | | | DENSITY $\rho = \frac{grams}{cu. cm.}$ | | | TEMP. | | ABSOLUTE VISCOSITY $\mu = \frac{dyne \times sec}{sq. cm}$ | | | DENSITY $\rho = \frac{grams}{cu. cm}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CENTIGRADE | FAHRENHEIT | WATER | MERCURY | AIR | WATER | MERCURY | AIR | CENTIGRADE | FAHRENHEIT | WATER | MERCURY | AIR | WATER | MERCURY | AIR |
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| -20° | -4° | | 0.0186 | | | 13.64439 | 0.0013955 | 56 | 132.8 | 0.004994 | | | 0.98525 | 13.45831 | |
| -15 | 5 | | | | | .63257 | 13684 | 57 | 134.6 | 4918 | | | 475 | 45588 | |
| -10 | 14 | 0.0260 | | | | .62017 | 13423 | 58 | 136.4 | 4843 | | | 425 | 45345 | |
| -5 | 23 | 0.0214 | | | | .60780 | 13172 | 59 | 138.2 | 4770 | | | 375 | 45102 | |
| 0 | 32 | 0.017938 | 0.0169 | $170.9 \times 10^{-6}$ | 0.999868 | .59545 | 12931 | 60 | 140.0 | 4699 | | $199.7 \times 10^{-6}$ | 324 | .44859 | |
| 1 | 33.8 | 0.017320 | | | 0.999927 | 13.59298 | 0.0012883 | 61 | 141.8 | 0.004629 | | | 0.98 272 | 13.44616 | |
| 2 | 35.6 | 16740 | | | 968 | .59051 | 12836 | 62 | 143.6 | 4561 | | | 220 | .44373 | |
| 3 | 37.4 | 16193 | | | 992 | .58804 | 12790 | 63 | 145.4 | 4495 | | | 167 | 44131 | |
| 4 | 39.2 | 15676 | | | 1.000000 | .58558 | 12743 | 64 | 147.2 | 4431 | | | 113 | .43888 | |
| 5 | 41.0 | 15188 | | | 0.999992 | .58311 | 12698 | 65 | 149.0 | 4368 | | | 059 | .43646 | |
| 6 | 42.8 | 0.014726 | | | 0.999968 | 13.58065 | 0.0012652 | 66 | 150.8 | 0.004306 | | | 0.98005 | 13.43403 | |
| 7 | 44.6 | 14288 | | | 929 | .57818 | 12607 | 67 | 152.6 | 4245 | | | 0.97950 | .43160 | |
| 8 | 46.4 | 13872 | | | 876 | .57572 | 12562 | 68 | 154.4 | 4186 | | | 894 | .42918 | |
| 9 | 48.2 | 13476 | | | 808 | .57326 | 12517 | 69 | 156.2 | 4128 | | | 838 | .42675 | |
| 10 | 50.0 | 13097 | | $175.9 \times 10^{-6}$ | 727 | .57079 | 12473 | 70 | 158.0 | 4071 | | $204.3 \times 10^{-6}$ | 781 | .42433 | |
| 11 | 51.8 | 0.012735 | | | 0.999632 | 13.56833 | 0.0012429 | 71 | 159.8 | 0.004016 | | | 0.97723 | 13.42191 | |
| 12 | 53.6 | 12390 | | | 525 | .56587 | 12385 | 72 | 161.6 | 3962 | | | 666 | .41949 | |
| 13 | 55.4 | 12061 | | | 404 | .56341 | 12342 | 73 | 163.4 | 3909 | | | 607 | .41706 | |
| 14 | 57.2 | 11748 | | | 271 | .56095 | 12299 | 74 | 165.2 | 3857 | | | 548 | .41464 | |
| 15 | 59.0 | 11477 | | | 126 | .55849 | 12256 | 75 | 167.0 | 3806 | | | 489 | .41222 | |
| 16 | 60.8 | 0.011156 | | | 0.998970 | 13.55604 | 0.0012213 | 76 | 168.8 | 0.003756 | | | 0.97429 | 13.40980 | |
| 17 | 62.6 | 10875 | | | 801 | .55358 | 12171 | 77 | 170.6 | 3708 | | | 368 | .40738 | |
| 18 | 64.4 | 10603 | | | 622 | .55113 | 12129 | 78 | 172.4 | 3661 | | | 307 | 40496 | |
| 19 | 66.2 | 10340 | | | 432 | .54867 | 12088 | 79 | 174.2 | 3615 | | | 245 | 40254 | |
| 20 | 68.0 | 10087 | 0.0156 | $180.8 \times 10^{-6}$ | 230 | .54622 | 12046 | 80 | 176.0 | 3570 | | $208.8 \times 10^{-6}$ | 183 | 40012 | |
| 21 | 69.8 | 0.009843 | | | 0.998 019 | 13.54376 | 0.0012005 | 81 | 177.8 | 0.003526 | | | 0.97121 | 13.39770 | |
| 22 | 71.6 | 9608 | | | 0.997 797 | .54131 | 0.0011965 | 82 | 179.6 | 3483 | | | 057 | .39528 | |
| 23 | 73.4 | 9380 | | | 565 | .53886 | 11924 | 83 | 181.4 | 3440 | | | 0.96994 | .39287 | |
| 24 | 75.2 | 9161 | | | 323 | .53641 | 11884 | 84 | 183.2 | 3396 | | | 930 | .39045 | |
| 25 | 77.0 | 8949 | | | 071 | .53396 | 11844 | 85 | 185.0 | 3357 | | | 865 | .38803 | |
| 26 | 78.8 | 0.008746 | | | 0.996810 | 13.53151 | 0.0011804 | 86 | 186.8 | 0.003317 | | | 0.96800 | 13.38562 | |
| 27 | 80.6 | 8551 | | | 539 | .52906 | 11765 | 87 | 188.6 | 3278 | | | 734 | .38320 | |
| 28 | 82.4 | 8363 | | | 259 | .52661 | 11726 | 88 | 190.4 | 3240 | | | 668 | .38078 | |
| 29 | 84.2 | 8181 | | | 0.995971 | .52416 | 11687 | 89 | 192.2 | 3203 | | | 601 | .37837 | |
| 30 | 86.0 | 8004 | | $185.6 \times 10^{-6}$ | 673 | .52171 | 11648 | 90 | 194.0 | 3166 | | $213.2 \times 10^{-6}$ | 534 | .37595 | 0.0009730 |
| 31 | 87.8 | 0.007834 | | | 0.995367 | 13.51927 | 0.0011610 | 91 | 195.8 | 0.003130 | | | 0.96467 | 13.37354 | 0.0009693 |
| 32 | 89.6 | 7670 | | | 052 | .51682 | 11572 | 92 | 197.6 | 3095 | | | 399 | .37113 | 9667 |
| 33 | 91.4 | 7511 | | | 0.994729 | .51437 | 11534 | 93 | 199.4 | 3061 | | | 330 | .36871 | 9640 |
| 34 | 93.2 | 7357 | | | 398 | .51193 | 11496 | 94 | 201.2 | 3027 | | | 261 | .36630 | 9614 |
| 35 | 95.0 | 7208 | | | 058 | .50949 | 11459 | 95 | 203.0 | 2994 | | | 192 | .36389 | 9588 |
| 36 | 96.8 | 0.007064 | | | 0.993712 | 13.50704 | | 96 | 204.8 | 0.002962 | | | 0.96122 | 13.36148 | 0.0009562 |
| 37 | 98.6 | 6925 | | | 356 | .50460 | | 97 | 206.6 | 2930 | | | 051 | .35906 | 9536 |
| 38 | 100.4 | 6791 | | | 0.992994 | .50216 | | 98 | 208.4 | 2899 | | | 0.95981 | .35665 | 9510 |
| 39 | 102.2 | 6661 | | | 623 | .49972 | | 99 | 210.2 | 2869 | | | 909 | .35424 | 9485 |
| 40 | 104.0 | 6536 | | $190.4 \times 10^{-6}$ | 246 | .49728 | | 100 | 212.0 | 2839 | 0.0122 | $217.5 \times 10^{-6}$ | 838 | .35183 | 9459 |
| 41 | 105.8 | 0.006415 | | | 0.99186 | 13.49484 | | 150 | 302.0 | 0.00184 | | $238.5 \times 10^{-6}$ | | 13.2330 | 0.0008340 |
| 42 | 107.6 | 6298 | | | 147 | .49240 | | 200 | 392.0 | | 0.0101 | 258.2 " | | .1148 | 0.0007457 |
| 43 | 109.4 | 6184 | | | 107 | .48996 | | 250 | 482.0 | | | 277.0 " | | 12.9975 | |
| 44 | 111.2 | 6075 | | | 066 | .48752 | | 300 | 572.0 | | 0.0093 | 294.6 " | | .8806 | |
| 45 | 113.0 | 5970 | | | 024 | .48508 | | 350 | 662.0 | | | 311.3 " | | .7638 | |
| 46 | 114.8 | 0.005868 | | | 0.98982 | 13.48265 | | 400 | 752.0 | | | $327.7 \times 10^{-6}$ | | | |
| 47 | 116.6 | 5770 | | | 940 | .48021 | | 450 | 842.0 | | | 343.3 " | | | |
| 48 | 118.4 | 5675 | | | 896 | .47778 | | 500 | 932.0 | | | 358.3 " | | | |
| 49 | 120.2 | 5582 | | | 852 | .47534 | | | | | | | | | |
| 50 | 122.0 | 5492 | 0.0141 | $195.1 \times 10^{-6}$ | 807 | .47290 | | | | | | | | | |
| 51 | 123.8 | 0.005405 | | | 0.98762 | 13.47047 | | | | | | | | | |
| 52 | 125.6 | 5320 | | | 715 | .46804 | | | | | | | | | |
| 53 | 127.4 | 5236 | | | 669 | .46561 | | | | | | | | | |
| 54 | 129.2 | 5153 | | | 621 | .46317 | | | | | | | | | |
| 55 | 131.0 | 5072 | | | 573 | .46074 | | | | | | | | | |

## SOURCES OF INFORMATION

Col. III "International Critical Tables" (Unpublished)
Col. IV "Physical & Chemical Constants" Kaye & Laby (1911)
Col. V "International Critical Tables" (Unpublished)
Col. VI "International Critical Tables" Vol. III (1928)
Col. VII { "Physikalisch-Chemische Tabellen" Landolt & Bornstein (1912) for temperatures from -20° to 100°; "Handbook of Chemistry & Physics" Hodgman & Lange 12th Ed. (1927) for temperatures from 100° to 350° }
Col. VIII "Physikalisch-Chemische Tabellen" Landolt & Börnstein (1912)

(Dimensions)而解决之種種問題。並指出應用此定理必須了解之各種事項。

如欲探討某現象時,則先將有關之各項物理數量,如 $Q_1, Q_2, Q_3, \cdots$ … 等,確定之後,可以下式,以表明此現象中諸不同數量間之關係。

$$F(Q_1, Q_2, \cdots\cdots Q_n) = 0 \quad (1)$$

F 與普通數學上之符號同一意義,即函數之符號。

得有(1)式後,柏金漢氏(Buckingham)曾指有極為明晰之步續,按步以求其最後之結果。茲即應用柏氏之方法,解答某特異之例題,以顯明應用該法時所經之各步階焉。

柏氏之言曰:如下式:

$$F(Q_1, Q_2, \cdots\cdots Q_n) = 0$$

所表示 n 個不同數量間之關係,為一千分完善之方程式,則(1)式得以簡化,如下式

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \cdots\cdots \Pi_{n-k}) = 0 \quad (2)$$

(按 Π 為一希臘字母讀作"Pi")

柏金漢氏名之曰 Π 定理,此定理中,每一變數 Π,代表一項無單位之乘積如下式;

$$\Pi = Q_1^a, Q_2^b \cdots\cdots Q_n^m \quad (3)$$

k 為獨立基本單位之個數(如質量長度時間等)

n 為有關之數量總個數

f 為一未知函數,於實驗中求得之。

設有 n 個各別種類之數量,每一類之數量又包括此方程式中所表明一個以上之數量(如長度等),則每一類之數量,可於該類中取一簡單之數量為準,再以其他各數量對於此簡單數量之比 r', r'',……表明之。如此,則(1)式,又可寫作

$$F(Q_1, Q_2, \cdots\cdots Q_n, r', r'', \cdots\cdots) = 0 \quad (4)$$

(4)式,得化作

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \cdots \Pi_{n-k}, r', r'' \cdots\cdots) = 0 \cdots\cdots \quad (5)$$

第（5）式所示之II定理,爲一最簡明之陳述,於實際應用時,必須將該式之全部分實踐後,方得能達有單位之相似也。

爲欲顯示用此單位分析,以解决問題之方法,更爲明晰計,特舉例如下:

## 單位分析定理之應用

題目: 茲擬於小模型試驗中,以探究明渠中水流之情狀。並須確定一公式之正確的合理的基點,用以計算某一水流之流量及其能坡(energy gradient) 則此模型之建造,宜如何?再欲得水流狀態下之相似律起見,則試驗時,有何種相連之關係,必須保持之而不爲變動。

由水力學,得明渠中之水流,與下列之諸變數有關。

| 數量 | 符號 | 單位 |
|---|---|---|
| 1. 水坡 (Fnergy on hydraulic gradient) | $i$ | $ML^{-2}T^{-2}$ |
| 2. 水半徑 (Hydraulic radius) | $R$ | $L$ |
| 3. 潤周 (Wetted Perimeter) | $P$ | $L$ |
| 4. 平均流速 (Average velocity of flow) | $v$ | $LT^{-1}$ |
| 5. 水之密度 (Density of water) | $\rho$ | $ML^{-3}$ |
| 6. 水之黏度 (Viscosity of water) | $\mu$ | $ML^{-1}T^{-1}$ |
| 7. 地心加速率 (Acceleration due to gravity) | $g$ | $LT^{-2}$ |

除上述之七個數量外,假設已無其他主要變數遺漏,則此七個數量間之關係,可以下式表示之。

$$F(i, R, P, v, \rho, \mu, g) = 0 \cdots\cdots (6)$$

由上式,得不同數量之個數爲7,基本單位之個數爲3（即質量,長度與時間）,則$n=7, k=3$。依柏金漢氏所主張之解法,得

II定理中有 $n-k=7-3=4$ 項

第（6）式可化約爲下式:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0 \quad \cdots\cdots (7)$$

玆選定R, v, 及 $\rho$ 三者爲獨立數量。(按如選擇之數量間,彼此並非獨立無關,則其所得結果,即不可靠)。進而定各項之指數值,使 $\Pi_1$, $\Pi_2$, $\Pi_3$, 及 $\Pi_4$ 項,均變爲無量數(Dimensionless)。先作成下式:

$$\Pi_1 = R^{x_1} v^{y_1} \rho^{z_1} P \quad \cdots\cdots (8)$$

$$\Pi_2 = R^{x_2} v^{y_2} \rho^{z_2} i \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\Pi_3 = R^{x_3} v^{y_3} \rho^{z_3} u \quad \cdots\cdots (10)$$

$$\Pi_4 = R^{x_4} v^{y_4} \rho^{z_4} g \quad \cdots\cdots (11)$$

欲定R, V, 及 $\rho$ 之指數值,使達Π之各項化爲無量數之目的。可先將Π各項用度量公式(Dimensional formula)表示之,然後令其指數等於零,而解求x, y, 及z等指數之值。

首先以每數量之度量公式代入(8)式,得

$$\Pi_1 = (L)^{x_1} \cdot (LT^{-1})^{y_1} \cdot (ML^{-3})^{z_1} \cdot (L)$$

$$= L^{x_1} \cdot L^{y_1} \cdot T^{-y_1} \cdot M^{z_1} L^{-3z_1} \cdot L$$

$$= L^{x_1 + y_1 - 3z_1 + 1} \cdot T^{-y_1} \cdot M^{z_1} \quad \cdots\cdots (12)$$

欲使 $\Pi_1$ 變成爲無量數,則對於組成 $\Pi_1$ 之長度,時間及質量三基本數量之指數,必須使之變爲零而後可。玆令各數量之指數等於零,得

$$x_1 + y_1 - 3z_1 + 1 = 0,$$

$$-y_1 = 0,$$

$$z_1 = 0.$$

解之得

$$x_1 = -1,$$

$$y_1 = 0,$$

$$z_1 = 0.$$

以 $x_1$, $y_1$ 及 $z_1$ 之數值代入(8),得

$$\Pi_1=\frac{\rho}{R} \qquad \cdots\cdots(13)$$

用同樣方法,求得第(9)式各項數量之指數如下:

$$\Pi_2=\left(L\right)^{x_2}\cdot\left(LT^{-1}\right)^{y_2}\cdot\left(ML^{-3}\right)^{z_2}\cdot\left(ML^{-2}T^{-2}\right),$$

$$=L^{x_2}\cdot L^{y_2}T^{-y_2}\cdot M^{z_2}L^{-3z_2}\cdot ML^{-2}T^{-2}$$

$$=L^{x_2+y_2-3z_2}T^{-y_2-2}M^{z_2+1}$$

令各項之指數等於零,得

$$x_2+y_2-3z_2=0,$$

$$-y_2-2=0,$$

$$z_2+1=0.$$

解之得 $x_2=1,$

$$y_2=-2,$$

$$z_2=-1.$$

以 $x_2$, $y_2$ 及 $z_2$,值代入第(9)式,得

$$\Pi_2=\frac{Ri}{v^2\rho} \qquad \cdots\cdots(14)$$

同得法

$$\Pi_3=\frac{\mu}{Rv\rho} \qquad \cdots\cdots(15)$$

$$\Pi_4=\frac{Rg}{v^2} \qquad \cdots\cdots(16)$$

以Π項之值代入第(7)式得

$$f\left(\frac{P}{R},\frac{Ri}{v^2\rho},\frac{\mu}{Rv\rho},\frac{Rg}{v^2}\right)=0 \qquad \cdots\cdots(17)$$

不論何種方程式,如屬正實而且完備者,則均得化約成爲如(17)式之形狀。僅須由實驗中確定函數之形式而已。

假設現欲對於水坡(i)之關係加以特別之研究,則可於(17)式求 i 解之得

$$\frac{Ri}{v^2\rho}=\varphi\left(\frac{P}{R},\frac{\mu}{Rv\rho},\frac{Rg}{v^2}\right),$$

$\varphi$ (phi)用以表示某某函數之符號。

由上式,得

$$i=\frac{v^2\rho}{R},\ \varphi\left(\frac{P}{R},\frac{\mu}{R\mu\rho},\frac{Rg}{v^2}\right)$$

今

$$i=\frac{P}{L}=\frac{\rho gh}{L}=\frac{v^2\rho}{R}\rho\left(\frac{P}{R},\frac{\mu}{Rv\rho},\frac{Rg}{v^2}\right)\text{………}(18)$$

該式中 P 爲水壓坡度 (Pressure gradient)

h 爲摩阻水頭 (friction head)

故 $\frac{h}{L}$ ＝無單位之幾何坡度。

或

$$\frac{h}{L}=\frac{v^2}{gR}\varphi\left(\frac{P}{R},\frac{\mu}{Rv\rho},\frac{Rg}{v^2}\right)\text{…………………}(18a)$$

如 $\varphi\frac{v^2}{gR}=\Psi(\text{Psi})$,

$\frac{\mu}{\rho}=r$〔運動的黏性 (Kinematic Viscosity)〕

代入 (18a) 式,得

$$\frac{h}{L}=\Psi\left(\frac{P}{R},\frac{r}{Rv},\frac{Rg}{v^2}\right)\text{…………………………}(19)$$

當將牛頓氏對於空間中諸組細粒 (Particles) 於撞擊時彼此間之反抗的動力相似律定理伸引之,使於極短時間之接觸期中,所有黏性反抗力 (Viscous Reactions) 之可能性等均包括在內,則上述之 (19) 式,將對於相似律之基本定理 (The fundamental theorem of similitude) 發揮而光大之矣。且此伸引之定理,業已表現括有如水力學中之表面摩阻 (skin friction) 等之因子於其中。

設第 6 式中,並未遺漏任何主要變數,則上列之第 19 式,乃表明種種之狀態,必須個個實踐,而後方能獲得模型 (Model) 對於原型 (Prototype or full-size structure) 間之幾何的與動力的相似性焉。茲卽將第 19 式,加以探究,以得此類之種種狀態,究屬若何也。

所謂幾何的相似性者,由定義得知原型中之縱坡(Longitudinal) $\frac{h}{L}$,與模型中之縱坡 $\frac{h_m}{L_m}$,於相稱之各點處,均爲相同。就事實而論,此亦爲本問題所特賦有之一狀態。卽凡類似的或相稱的線單位之各項,不論縱橫,其間均有一固定之比例,卽所謂相似律之比率是也(Scale ratio of homology)。

再所謂動力之相似律者(dynamic similarity),意卽謂凡類似的或相稱的力之各項,其間亦成爲一固定之比例。且處相同之地位及相同之處置。此卽牛頓所首先發見之相似律中之力之比率(Force ratio)是也。例如,相似之兩向心力(Centripetal force),作用於相似之兩物質上,則必令該兩物質循相似之幾何曲線上行動之。考力之強弱,以該兩力作用於該兩物質後所生向心力的加速率之大小如何而定。今兩者之加速率爲 $\frac{v^2}{r}$ 及 $\frac{v_m^2}{r_m}$,故向心力爲 $\frac{mv^2}{r}$ 及 $\frac{m_m v_m^2}{r_m}$(上式中m及 $m_m$ 係表示相似兩物質之質量)。

如力之比爲 $\frac{F}{F_m}$,則得

$$\frac{F}{F_m}=\frac{\frac{mv^2}{r}}{\frac{m_m v_m^2}{r_m}},\text{或}\ \frac{F}{F_m}\times\frac{r}{r_m}=\frac{mv^2}{m_m v_m^2}\cdots\cdots\cdots\cdots(20)$$

倘模型試驗之所在地,與原型之地點,爲同一地點,則兩者所受之地心吸力影響,亦必相同,卽 $g=g_m$ 如此,得知力之大小,僅與所作用於某物質之質量之大小成正比,卽

$$\frac{F}{F_m}=\frac{m}{m_m}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

故水工模型試驗中,從幾何的及動力的相似律所須具備之狀態中,必得下列之結果:

$$\frac{v^2}{v_m^2}=\frac{r}{r_m}=\lambda\ (\text{比率})\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

前論之模型與原型間由重力(gravity)之影響所起之關係,即另

由他種觀察點化簡之,亦能得同樣之結果。考各種之相似加速率,其由重力所引起者,必皆相等。此因所受得之地心吸力,皆同故也。如模型與原型位於同一地點,則兩者加速率之比爲一。此意即謂,不論何種動作(action),如於模型或原型中能產生內部之相似力者(例如黏性摩阻 Viscous friction),則每單位質量所受得之數力(即類似之加速率),必皆相等。

因此,得

$$\frac{v^2}{r}=\frac{{r_m}^2}{r_m}$$

或 $$\frac{v^2}{{v_m}^2}=\frac{r}{r_m}=\lambda\ (\text{同前}) \cdots\cdots(23)$$

相似律中又一必須具備之狀態爲第19式中Ψ之值,於類似各點之各配對中,必皆相同。即所引入之各單位,亦必相稱之類似也。誠然,於天然河流中之各點,Ψ之值未必係同一之數值,此於模型試驗中,亦屬如是。然如能達到下列之狀態,則可使Ψ有同一之值焉。

$$\frac{P}{R}=\frac{P_m}{R_m},\ \frac{r}{Rv}=\frac{r_m}{R_m v_m},\ \text{及}\ \frac{Rg}{v^2}=\frac{R_m g_m}{{v_m}^2}$$

因此,對於 $\frac{v}{v_m}$ 及 $\frac{R}{R_m}$ 數量之關係,得下兩式:

$$\left(\frac{R}{R_m}\right)\left(\frac{v}{v_m}\right)=\frac{r}{r_m} \cdots\cdots(24)$$

及 $$\frac{R}{R_m}=\frac{v^2}{{v_m}^2} \cdots\cdots(25)$$

(因 $g=g_m$ 見前)

解之,得

$$\frac{R}{R_m}=\lambda=\left(\frac{r}{r_m}\right)^{2/3} \cdots\cdots(26)$$

及 $$\frac{v}{v_m}=\sqrt{\frac{R}{R_m}}=\sqrt{\lambda}=\left(\frac{r}{r_m}\right)^{1/3} \cdots\cdots(27)$$

(λ)係模型之比率,即原型與模型相似長度之比例。

於同一地心吸力所引起之加速率下所實施之種種實驗,由第(26)式之展啓,得原型與模型間合理的,正實的比率,而用兩者流體之運動的黏性(Kinematic Viscosity) r 及 $r_m$ 表明之。

由第27式,得從相似律所言之狀態下,找得原型與模型中相似之流速,必須具有 $\sqrt{\lambda}$ 或 $\left(\frac{r}{r_m}\right)^{\frac{1}{3}}$ 相同之比率。

由第26及27兩式觀之,得以證明雷那特氏之黏性定律(Reynold's viscosity law)與牛頓氏之流速定律(Newton's velocity law),並不互爲干犯也。

設以第26式乘27式,得

$$\frac{L_m v_m}{Lv}=\frac{r_m}{r},$$

$$\text{或}\quad \frac{L_m v_m}{r_m}=\frac{Lv}{r}, \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

上式中,以L替代R,以代表各種形狀建築物之線的度量(Linear dimension)。

換言之,模型中之雷那特數字(Reynold's Number)與原型中之雷那特數字,兩者相同。

如模型試驗時所用之流體,與原型中爲同一之流體,但試驗時之加速率強度與原型之強度不同,則亦能得達完善之相似律。於Stanton及Pannell書中之"運動之相似性與流體之表面摩阻之關係"一章中,克拉司羅克博士(Dr. Glazebrook)以力之關係爲基點,發表下列之單位方程式。

$$\frac{L^3 \rho f}{L^2}=\mu\frac{dv}{dx} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(28a)$$

上式中,L代表長度;$\rho$ 代表密度;f,加速力;v,流速;$\mu$,黏性係數;x代表與流速垂直方向之線的度量。

博士之言曰"根據牛頓氏之定律,(每一系制之加速率與 $\frac{v^2}{L}$

成正比）得單位方程式如下：

$$(f)=\left(\frac{\mu}{\ell}\right)\left(\frac{v}{L^2}\right) \cdots\cdots (29)$$

但依照牛頓之相似運動律，得

$$(f)=\left(\frac{v^2}{L}\right) \cdots\cdots (30)$$

故 $$\left(\frac{\mu}{\ell}\right)\left(\frac{v}{L^2}\right)=\left(\frac{v^2}{L}\right) \cdots\cdots (31)$$

或 $\frac{\mu}{\ell} \cdot \frac{1}{Lv}$ 爲一獨立之單位"

如由純粹數學之着點，消去 (29) 及 (30) 兩式中之（f），得 (31) 式之情態，知 (29) (30) 兩式，對於單數量（f）之同數值，均能適合。

但（f）之數量，通常並非爲一未知數而是一已知之數量。於大建築物之模型試驗中，特別是水工或河工模型，普通所須考慮及之未知數量。乃爲模型中之長度 L 及其流速 V 兩項。

是以，與其消去（f），不如解 (29) 及 (30) 式而求未知數量 L 及 V 得，

$$L=\frac{r^{2/3}}{f^{\frac{1}{3}}} \cdots\cdots (32)$$

$$V=r^{\frac{1}{3}}f^{\frac{1}{3}} \cdots\cdots (33)$$

如此並未銷毀雷那特數字之眞實及正價性，蓋由上兩式中，得

$$VL=r \cdots\cdots (34)$$

上式如用模型與原型中相似數量之比表之，得

$$\frac{V_m L_m}{r_m}=\frac{V\ L}{r} \cdots\cdots (35)$$

今將 (32) 及 (33) 兩式化之得：（當 $r_m=r$）

$$入=\frac{L_m}{L}=\left(\frac{f_m}{f}\right)^{-\frac{1}{3}} \cdots\cdots (36)$$

及 $$\frac{V_m}{V}=\left(\frac{f_m}{f}\right)^{1/3} \cdots\cdots (37)$$

至此,得知又並不違反雷那特或牛頓之定律,蓋將上式簡約之,即得:

$$\frac{V_m L_m}{r} = \frac{VL}{r} \quad \cdots\cdots (38)$$

及

$$\frac{\frac{V_m^2}{L_m}}{\frac{V^2}{L}} = \frac{f_m}{f} \quad \cdots\cdots (39)$$

由此,得知吾人能使各種實驗於不同加速力下試驗之。例如倘模型於某種裝置下,使之離開一適宜之距離之直軸,以某一合宜之速率旋轉之,則所生之向心力能使之大於地心吸力所起之力。

但如模型試驗時,用不同之流體,於不同加速率狀態下,則將不克能有牛頓氏所謂之完全相似律矣。

牛頓氏對於一點之動作加於他點,除相撞時之彈性擊撞(Elastic Impact)之外,其他各動作,均在不計之列。蓋如計及之,則將有許多未知之力,例如由黏性所起之各力等,引入於問題中矣。故於伊之相似兩系制間,能有不論何種之比率,此因與相似律之種種,不相抵觸者也。查模型之尺度,原係非物質性的。由於上述理論之證明得知,倘模型之大小,以第(26)式確定之,則合理化之眞正之相似律,即就黏性力亦包括在內,亦已持有之矣。由事實論之,前述之狀態,固不僅包括由普通表面摩阻(Skin Friction)(根據$V^2$定律)所生之黏性動作,即其他數種之力等,亦包括及之。

## 當試驗實施時,所用之流體及所受之加速力與原型中完全相同時,第(19)式之部分分析(Partial Analysis)

現今大部水工模型之試驗,大抵均用同樣之水流,並在同一之地點(使所受之地心吸力相同)試驗之。於此環境之下,欲得絕對的完全的相似性,當仍爲一不可能之事實,但所得各種模型試驗之近似相

性,於實用目的中,已足可靠應用之矣。

從上得第(18)式

$$i=\frac{V^2\rho}{R}\varphi\left(\frac{P}{R},\frac{r}{RV},\frac{Rg}{V^2}\right)$$

設於模型試驗時,吾人妥置種種之狀態,令 $\frac{P}{R}$, $\frac{r}{RV}$, $\frac{Rg}{V^2}$ 三項將與原型中之三項完全相同,則僅須確定一實驗係數。

用以表示 $\varphi\left(\frac{P}{R},\frac{r}{RV},\frac{Rg}{V^2}\right)$

如模型之各點,均爲幾何的相似,而其他各變數亦酌予計及,則潤周與水半徑之比 $\frac{P}{R}$,須加以精密之留意,使模型中水流之深度與原型中水流之深度,剛等於長度之比率(入)。

再如模型試驗時,安排適宜之情狀,使模型中與原型中之 $\frac{r}{RV}$ 及 $\frac{Rg}{V^2}$ 相同,則由實用之目的而言,從模型中所得之結果,均得化變爲原型之種種,所差當亦極小也。

如模型試驗之地點,與原型爲同一地點(即 $g=g_m$),則 $\frac{R}{V^2}$ 亦將成爲一常數,如試驗時所用之流水即原型中之流水,則 $\frac{\mu}{\rho}$ 或 r 當亦變爲一常數,其結果,則 $\frac{1}{RV}$ 亦必須保持爲一常數。

今再對於上述之三項,作更進之分析,以求該三項所以能於第(18)式中消去之種種理由,使模型試驗所得之結果,亦能應用於其他幾何的相似建築物也。

由流體動力學之實驗中,得當水流爲湍流(Turbulent)時,其機械行爲與密度之關係較爲重要,至於所受黏性之影響,則極爲微小。因此對於河流或湖泊之模型試驗,通常縱綫與橫綫之比率不同,使得較同一比率之水深爲高之深度。其目的當亦不外乎保證水流之湍流狀態,及避免黏性流動所欲加入之重要影響而已。

如能常保持水之湍流狀態,則可假定如是,即若(18)式中現有 $\mu$(於 $\frac{r}{Rv}$ 一項 $r=\frac{\mu}{\rho}$);亦僅爲極低指數之一項而已。

今如以一簡單的無量數常數K代表$\frac{r}{Rv}$或$\frac{\mu}{Rv\rho}$，[illegible]K爲雷那特數字R$\left(\frac{r}{Rv}\text{或}\frac{\mu}{Rv\rho}\right)$之函數。

第(18)式又得寫作

$$i=\frac{v^2\rho}{R}\Phi\left(\frac{Rg}{v^2}\right)\cdots\cdots\cdots\cdots(40)$$

於通常水工試驗之環境下，地心吸力可視爲一常數，則模型與原型之兩渠漕，如兩者之$\frac{Rg}{v^2}$保持爲一常數，則亦得視作動力之相似性矣。或

$$\frac{Rg}{v^2}=\frac{R_m g_m}{V_m^2}$$

因g爲一常數，$g=g_m$，故

$$\frac{R}{v^2}=\frac{R_m}{V_m^2}$$

變之，得 $\frac{V}{V_m}=\left(\frac{R}{R_m}\right)^{1}\cdots\cdots\cdots\cdots(41)$

上式表示模型中與原型中流速之比率之關係

故模型中與原型中之$\Phi$，兩者相同。且

$$\frac{i}{i_m}=\frac{\frac{v^2\rho}{R}}{\frac{V_m^2\rho_m}{R_m}}\cdots\cdots\cdots\cdots(42)$$

此節中所論及者，爲同一密度之水，故$\rho$爲一常數，[illegible]$\rho_m$第(42)式，得化爲

$$\frac{i}{i_m}=\frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V_m^2}{R_m}}\cdots\cdots\cdots\cdots$$

於前論中，已證明$\frac{V^2}{R}$與$\frac{V_m^2}{R_m}$相等，故爲欲得兩系制間幾何的及動力的相似性起見，則$\frac{i}{i_m}$必等於1. 若以K及$K_m$代表[illegible]制之$\left(\frac{r}{Rv},\frac{Rg}{V^2}\right)$函數，則

$$\frac{K}{K_m}=1 \qquad \cdots\cdots(44)$$

此乃表明相似系制間,模型與原型之 $K_m$ 及 K,將有相同之數值。由 (43) 式,得

$$i=K\frac{V^2}{R},\ i_m=K_m\frac{V_m{}^2}{R_m} \qquad \cdots\cdots(44a)$$

上式,解 V 得

$$V^2=\frac{1}{K}Ri \qquad \cdots\cdots(45)$$

及

$$V_m{}^2=\frac{1}{K_m}R_m i_m$$

開平方,得

$$V=\sqrt{\frac{1}{K}}\sqrt{Ri} \qquad \cdots\cdots(46)$$

$$V_m=\sqrt{\frac{1}{K_m}}\sqrt{R_m i_m}$$

從上式之形狀,知與計算明渠中流速用之 Chezy's 公式相似,僅

$$\sqrt{\frac{1}{K}}=\text{Chezy's "C"}$$

## 堰之流量

一公式以精密的計算各種情形下堰之流量,現尚未達到目的。現時所有決定流量係數之試驗,均僅限於低水頭(通常在 2.5 呎以下),且從未設法按照相似律以作試驗者,或應用度量分析以推得真的試驗公式者。

用度量分析及相似律所作成之實驗公式,常有不合理之項目包含在公式之內。其最佳之例爲 Schoder and Turner 之精密銳口量水堰公式:

$$Q=3.33L\left[\left(h+\frac{V_a{}^2}{2g}\right)^{3/2}+\left(\frac{V_b{}^2}{2g}\times h\right)\right]$$

此式中第一項無疑的係 $L^{3/2}$ 而第二項則爲 $L^2$ 故所表示者並非

今如以一簡單的無量數常數K代表$\frac{r}{Rv}$或$\frac{\mu}{Rv\rho}$,則此K將變爲雷那特數字R$\left(\frac{r}{Rv}\text{或}\frac{\mu}{Rv\rho}\right)$之函數。

第(18)式又得寫作

$$i=\frac{v^2\rho}{R}\Phi\left(\frac{Rg}{v^2}\right)\cdots\cdots(40)$$

於通常水工試驗之環境下,地心吸力可視爲一常數,則模型與原型之兩渠漕,如兩者之$\frac{Rg}{v^2}$保持爲一常數,則亦得視作動力之相似性矣。或

$$\frac{Rg}{v^2}=\frac{R_m g_m}{V_m^2}$$

因g爲一常數,g=gm,故

$$\frac{R}{v^2}=\frac{R_m}{V_m^2}$$

變之,得 $\frac{V}{V_m}=\left(\frac{R}{R_m}\right)^{\frac{1}{2}}\cdots\cdots(41)$

上式表示模型中與原型中流速之比率之關係

故模型中與原型中之$\Phi$,兩者相同。且

$$\frac{i}{i_m}=\frac{\frac{v^2\rho}{R}}{\frac{V_m^2\rho_m}{R_m}}\cdots\cdots(42)$$

此節中所論及者,爲同一密度之水,故$\rho$爲一常數 $\frac{\rho}{\rho_m}=1.$

第(42)式,得化爲

$$\frac{i}{i_m}=\frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V_m^2}{R_m}}\cdots\cdots(43)$$

於前論中,已證明$\frac{V^2}{R}$與$\frac{V_m^2}{R_m}$相等,故爲欲得兩系制間幾何的及動力的相似性起見,則$\frac{i}{i_m}$必等於1.若以K及$K_m$代表兩系制之$\left(\frac{r}{Rv},\frac{Rg}{V^2}\right)$函數,則

$$\frac{K}{K_m}=1 \qquad (44)$$

此乃表明相似系制間,模型與原型之 $K_m$ 及 K,將有相同之數值。

由 (43) 式,得

$$i=K\frac{V^2}{R}, \; i_m=K_m\frac{V_m^2}{R_m} \qquad (44a)$$

從上式,解 V 得

$$V^2=\frac{1}{K}Ri \qquad (45)$$

及

$$V_m^2=\frac{1}{K_m}R_m i_m$$

開平方,得

$$V=\sqrt{\frac{1}{K}}\sqrt{Ri} \qquad (46)$$

$$V_m=\sqrt{\frac{1}{K_m}}\sqrt{R_m i_m}$$

從上式之形狀,知與計算明渠中流速用之 Chezy's 公式相似,僅

$$\sqrt{\frac{1}{K}}=\text{Chezy's "C"}$$

## 堰之流量

擬一公式以精密的計算各種情形下堰之流量,現尚未達到目的。現時所有決定流量係數之試驗,均僅限於低水頭(通常在 2.5 呎以下),且迄未設法按照相似律以作試驗者,或應用度量分析以推得眞確之理論公式者。

未用度量分析及相似律所作成之實驗公式,常有不合理之項目包含在公式之內。其最佳之例爲 Schoder and Turner 之精密銳口量水堰公式:

$$Q=3.33L\left[\left(h+\frac{V_a^2}{2g}\right)^{3/2}+\left(\frac{V_b^2}{2g}\times h\right)\right]$$

此式中第一項無疑的係 $L^{3/2}$ 而第二項則爲 $L^2$ 故所表示者並非

體積也。

任何眞確之公式中各項必應爲同一之度量。吾人可斷言上式僅能表示實驗範圍以內之結果;而不能援用於試驗範圍以外也。

玆應用度量分析法以求最合理之量水堰公式如次:考察相關於量水堰流量之因素則得下列十種

| 數量 | 符號 | 度量公式 |
|---|---|---|
| 1. 堰上之水頭 | h | L |
| 2. 堰頂對于河底之高度 | D | L |
| 3. 來水流速 | v | $LT^{-1}$ |
| 4. 液體之密度 | $\rho$ | $ML^{-3}$ |
| 5. 液體之粘度 | $\mu$ | $ML^{-1}T^{-1}$ |
| 6. 地球引力加速度 | g | $LT^{-2}$ |
| 7. 液體表面張力 | b | $MT^{-2}$ |
| 8. 上游堰面之相對糙率 | E | L |
| 9. 堰頂之曲線半徑 | r | L |
| 10單位長度堰之流量 | $\frac{Q}{L}$ | $L^2T^{-1}$ |

若以上所列舉各項以外已無重要因素漏列,則應得下之算式。

$$F(h, D, v, \mu, g, 6, \xi, r, \frac{Q}{L})=0 \qquad (47)$$

應用 Buckinghaw 所詔示之方法,則n=10, k=3. (卽因數十個,而度量種數則有M, L, T 三種) 故 $\Pi$ 定理內之項數應有n—k=7項如次:

$$F(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6, \Pi_7)=0 \qquad (48)$$

若選定 h, g, P 三因素爲最便利之獨立三因素則得

$$\Pi_1 = h^{x1} g^{y1} \rho^{z1} D \qquad (49)$$

$$\Pi_2 = h^{x2} g^{y2} \rho^{z2} V \qquad (50)$$

$$\Pi_3 = h^{x3} g^{y3} \rho^{z3} \mu \qquad (51)$$

$$\Pi_4 = h^{x4} g^{y4} \rho^{z4} \sigma \qquad (52)$$

$$\Pi_5 = h^{x_5} g^{y_5} \rho^{z_5} \mathcal{E} \quad \cdots\cdots (53)$$

$$\Pi_6 = h^{x_6} g^{y_6} \rho^{z_6} r \lambda \quad \cdots\cdots (54)$$

$$\Pi_7 = h^{x_7} g^{y_7} \rho^{z_7} \frac{Q}{L} \quad \cdots\cdots (55)$$

先將〔49〕式之度量公式代入則得

$$\Pi_1 = [L]^{x_1} [LT^{-2}]^{y_1} [ML^{-3}]^{z_1} [L] = L^{x_1+y_1-3z_1+1} T^{-2y_1} M^{z_1}$$

將 $L, T, M$ 之指數等于零則得

$$x_1 + y_1 - 3z_1 + 1 = 0$$

$$-2y_1 = 0$$

$$z_1 = 0$$

由此解得　$x_1 = -1$, $y_1 = 0$, $z_1 = 0$

代入〔49〕式　則得

$$\Pi_1 = \frac{D}{h} \quad \cdots\cdots (56)$$

同樣求得

$$\Pi_2 = \frac{V}{g^{\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}}} \quad \cdots\cdots (57)$$

$$\Pi_3 = \frac{\mu}{h^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}} \rho} \quad \cdots\cdots (58)$$

$$\Pi_4 = \frac{\sigma}{\rho g h^2} \quad \cdots\cdots (59)$$

$$\Pi_5 = \frac{\mathcal{E}}{h} \quad \cdots\cdots (60)$$

$$\Pi_6 = \frac{r}{h} \quad \cdots\cdots (61)$$

$$\Pi_7 = \frac{\frac{Q}{L}}{h^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}}} \quad \cdots\cdots (62)$$

將上列各數代入〔48〕式則得

$$F\left(\frac{D}{h},\frac{V}{g^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}},\frac{\mu}{h^{\frac{3}{2}}g^{\frac{1}{2}}\rho},\frac{\sigma}{\rho g h^{2}},\frac{\varepsilon}{h},\frac{r}{h},\frac{\frac{Q}{L}}{h^{\frac{3}{2}},g^{\frac{1}{2}}}\right)$$

$$=0 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (63)$$

若將〔63〕依 $\frac{Q}{L}$ 而分解之則得

$$\frac{Q}{L}=h^{\frac{3}{2}}g^{\frac{1}{2}}\phi\left(\frac{D}{h},\frac{V}{g^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}},\frac{u}{h^{\frac{3}{2}}g^{\frac{1}{2}}\rho},\frac{6}{\rho g h^{2}},\frac{E}{h},\right.$$

$$\left.\frac{\gamma}{h}\right)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (64)$$

或總流量 $\phi=\xi L h^{\frac{3}{2}}g^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (65)$

上式中 $\xi=\phi\left(\frac{D}{h},\frac{V}{g^{\frac{1}{2}}h^{\frac{1}{2}}},\frac{\mu}{h^{\frac{3}{2}},g^{\frac{1}{2}}\rho},\frac{\sigma}{\rho g h^{2}},\frac{\varepsilon}{h},\frac{\gamma}{h}\right)$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (66)$$

此問題比較完備之研究已見 Erik Lindquist 對于 Shoder and Turner 公式之討論文中,載於1928年八月美國土木工程師學會會刊,1786—1800頁。

彼於應用度量分析方法以求得與公式相關之各項目以後,即從事研究逐一項目而得出計算流量係數之公式以滿足下列條件:

1. 堰上之水頭
2. 堰頂對于河底之高度
3. 來水流速
4. 液體之粘度
5. 液體之密度
6. 地球引力加速度
7. 堰頂之曲線半徑
8. 液體表面張力

此處應注意者,Lindquist 並未將堰面糙率包括在內。實則即使此一項目關係極微,亦應包括於理解之內,並說明其所以删免之理由。

Lindquist 所得基本公式與〔65〕式相同,其各項目之形式與〔64〕式亦相同。

彼乃應用 Rhoder and Turner, Bazin, 及瑞士水文處之實驗結果,以決定流量係數 $\xi$。其算式雖甚繁複,但可應用圖解法以裨實用。其係數公式如次。

$$\xi = \frac{1}{2\vartheta}\left(\frac{h+w}{h}\right)^2\left\{1-\sqrt{1-4\vartheta\left(0.621+\frac{0.0007}{h^{3/2}}\right)\left(\frac{h}{h+w}\right)^2}\right\}$$

式中 h 為堰上之水頭,w 為堰頂對于河底之高度 $\vartheta$ 為一係數由實驗定之。

為篇幅所限未能將此分析法作詳細之陳述,但以上所舉,已足使讀者略知分析法之內容,引起其應用分析法以解決實驗問題之興趣矣。


# 建國月刊

## 第十二卷　第四期　要目

二十四年四月十日出版

插圖　黃克強先生遺墨及會稽勝蹟

論民族掃墓節與紀念民族先賢……邵元冲
論劉師培與端方書……高良佐
法國民主政治的前途……壽　昌
法律之進化與運用……邵元冲
愛國教育……白土千秋著　羅孟平譯
日本南洋委任統治地問題……向金聲
對於救濟事業行政上與政策上之意見……江康黎
西北之亢旱與其救濟……竇震寰
中國租佃制度之研究……劉君煌
清代著述統計之研究……陸達節

總發行所　南京成賢街安樂里五號

建國月刊社

每册大洋二角預約半年一元一角全年二元國外加倍郵票代洋通用

代定處　全國各地郵局

# 人工水道概論(Künstliche Wasserstrassen)

德國方修斯著　汪駿驤譯

## (a)人工水道之分類及其目的

屬於人工水道之範圍者爲曾經濬導之河流(Kanalisierte Flüsse),內地運河(Binnenschi ffskanal)及海船運河(See Kanal)嚴格言之,依新式方法整理(Geregelt)後而能航行之河流,亦應屬諸人工水道,蓋以其性質巳完全變更,非復舊有之狀態矣,此等河流之水流量固仍舊也,而其河牀則實巳經一番人工矣。以是言其爲天然之水道,不甚適當。然于一般眼光中視之,此類河流仍被目爲天然河渠而與其他未經整理者同。

河之「整理」(Regelung)及其「渠化」(Kanalisierung)之顯著區别如次。「整理」者乃使河流中小段間之比降合併,而努力使長途中之比降均勻也。「渠化」者乃歸併一長途之比降,而使其於壅水段(Staustrecke)中成爲一逐漸變動之比降。

上述之二法則,於現今治河時相依爲用。於低水位中,船舶之航行猶稱便利時,則此段河流加以整理。如流量過少整理乏術時則加以渠化。例如「萊寺」河(Weser)乃經整理者也。「萊寺」河之旁流「福而達」(Fulda)之「開塞」(Kasel)一段乃經渠化者也。「愛比」河(Elbe)之「山陶」(Schandau)一段乃經整理者。從彼處往上至「格軟慈」(Königgratz)以及「摩爾陶」(Moldau)至「卜拿」(Prag)一段乃經渠化者也。

「愛勒爾」河(Aller)由「萊寺」至「賴麥口」(Leimemündung)一段乃經整理者。從彼處至「塞來」(Celle)乃經渠化者。以航務逐漸

加增之故此河將繼續渠化。「萊寺」河自「卜來明」(Bremen)至「漢明登」(Hann-Münden)以及連接於此之「魏拉」(Werra)河現今亦擬渠化焉。「萊寺」河自「明登」(Minden)至「卜萊明」亦應渠化,以使「卜來明」與中部運河(Mittel Land Kanal)相連接,同時成爲純粹商業運河「愛希卜拿顯」(Echter Hansakanal Achim Bromsche)之代替焉。

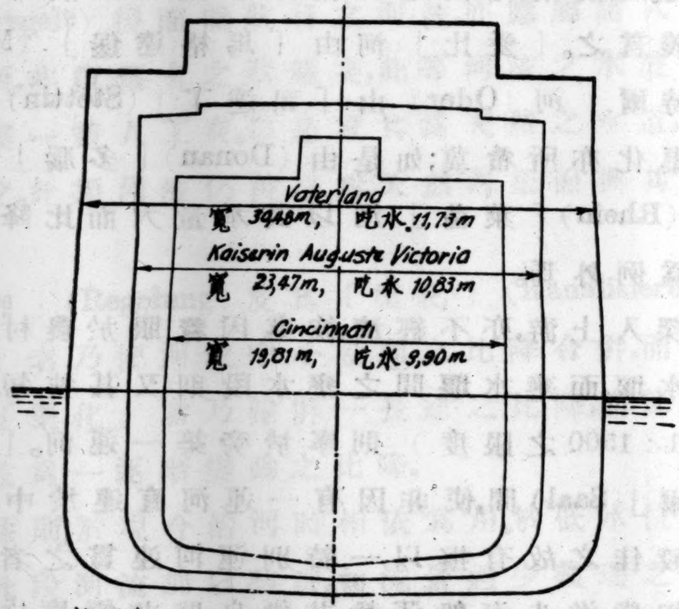
萊茵河(Rhein)自「巴塞」(Basel)至地中海(Bodensee)之渠化亦已設計矣。「馬茵」(Mein)河至「由爾慈堡」(Würzburg)亦將渠化。一則用以溝通「多腦馬茵運河」(Donau-Mein-Kanal)再則使與大都市如「由爾慈堡」者相連結。因可獲水力之利之故,克使人興奮而欲繼續往下渠化。此段渠化後之河流以急流之故於船舶航行不甚適宜。以交通之意義言之。「愛比」河由「馬格達堡」(Magdeburg)至「山陶」及「奧特爾」河(Oder)由「司達丁」(Stettin)至「卜來士腦」(Breslau)之渠化亦所希冀;如是由(Donau)「多腦」至「萊茵」終歲皆可航行也。(Rhein)「萊茵」河以其水量大而比降小之故,於其幹部得免渠化而爲例外焉。

渠化河流,深入上游,亦不經濟,彼處因着眼於農村經濟之故,築有甚多之矮小壅水堰,而壅水堰間之壅水段則又甚狹短。如水之坡度過大(例如超出1:1500之限度)則寧於旁築一運河。「來布則希」(Leibzig)及「塞爾」(Saal)間,使非因有一運河直連於中部運河(Mitte land kanal)而較佳之故有擬以一特別運河連貫之者。海船運河之設置爲運河之一相當進步。海船運輸其價良賤,其價廉之程度至今猶無他種交通器具能及之者,以是盡力之所及使海船運輸深入內地,海船運河因之興起,內地之大都市與海之交通賴以溝通焉。「開理伯爾」(König berg),「慢肩斯德」(Manchester),(Brügge)「卜於格」,「聖羅士」(St. Louis)等城皆賴海船運河得與海聯接者也。現猶有期待者,此等使內地工業中心地及原料中心地與海相通之努力,得日有進步,如柏林「漢羅富」(Hannover)之藉海船運河,與海相通,固今之所深望也。

## (b) 海船及內河船支

一切船支在昔爲龍骨船 (K'elschiffe),今則變更矣。今之船支其橫剖面爲匣子式,(Kastenföriniger Querschnitt) 因而亦影響及船閘入口及船閘室 (Schleusen kammer) 之狀態。關於船之製造及其裝飾之詳細說明非本書之責,另有專書在焉。

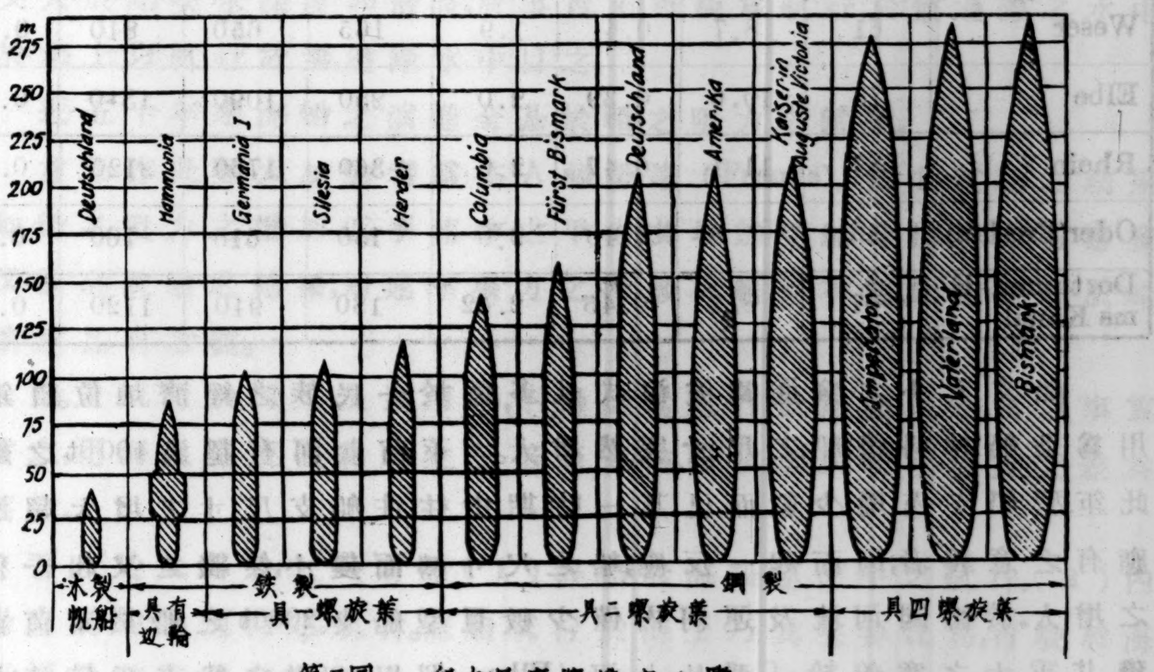
各種船支,其長,寬,高互相之比,變動甚屬有限。海船之長度與寬度之比自 $B:L=1:6.7$ 至 $1:8.5$;深與寬之比自 $T:B=0.45:1$ 至 $0.54:1$。貨船長寬高之比其折中數爲 $L:B:T=15:2:1$,快艇則爲: $L;B\cdot T=22.5:2.5:1$。




第一圖 Hapag公司海船之剖面圖

豐滿度 (Völliggrad) 者乃一數値,用之以乘 $L\times B\times T$ 之積則得船之排水量。其値 S 於貨船爲 0.65 至 0.8 於快艇則爲 0.58 至 0.63;於戰船約爲 0.6。以是一船之排水量 $V=S\cdot L\cdot B\cdot T$。其中之 L 乃船之長度,舵不與焉;T 乃船之最大喫水深度;B 乃船於水平線處之最大寬度,艙之邊緣線(Scheuerleiste)不計於內。第一圖所示乃歐戰前一部屬 Hapag 輪

船公司之橫剖面形,第二圖乃此公司船支之長度演進之一覽,其年限由 1848 至 1915 年。




第二圖　船支尺度演進之一覽

內地船支之所以別於海船者;以其高與寬之關係視之,船實較低也。橫剖面亦爲匣子式。其比例 t:b=1:3 至 1:6, 折中數爲1:4.5;b:l=1:5 至 1:9, 折中數爲 1:8。三者之比其折中數爲 l:b:t=36:4.5:1, 豐滿度上下於 0.8, 0.95 之間。運河船支速率較小,其豐滿度可較大,江河船支以急流之故,且其轉舵亦應靈活,因而修長,豐滿度以是較小。

內河船支之載重量昇降於 0.75 及 0.82 乘排水量之間。換言之,船本身及裝飾之重佔排水量百分之二十五至百分之一十八。空船之喫水深度爲 25 至 40cm。江河中行駛之船多採用湯匙式 (Löffelförmig)。船頭與船尾皆按照湯匙之形使之圓曲。於運河中航行之船以烙鐵式 (Platteneisen) 較佳。

內河船支 (Binnenschiffe) 之尺度表如後:

| 水道名稱 | 長 m | 寬 m | 喫水深度 空船 m | 喫水深度 滿載 m | 空船重量 公噸 | 載重量 公噸 | 排水量 公噸 | 豐滿度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weser | 61 | 8.7 | 0.4 | 1.9 | 165 | 650 | 810 | 0.81 |
| Elbe | 75 | 10.6 | 0.39 | 2.0 | 250 | 1090 | 1310 | 0.87 |
| Rhein | 87 | 11.1 | 0.47 | 2.6 | 360 | 1760 | 2120 | 0.87 |
| Oder(Breslau) | 55 | 8 | 0.40 | 2.0 | 150 | 610 | 760 | 0.89 |
| Dortmund-Ems Kanal | 67 | 8.2 | 0.45 | 2.42 | 180 | 940 | 1120 | 0.88 |

船支大小之演進為波浪式且多係於一民族之經濟地位。自鋼鐵用為造船材料後，船之尺寸突然增大。「萊茵」河有超過4000t之船，惟此鉅型船支僅屬少數而已。某一時期中往往船支尺寸之增大超過其應有之意義者，因而起一反應，船之尺寸轉而變小，然繼之又起一猛突之增大。於德國河流及運河內僅少數巨型船支。2000t之船於萊茵或將獲其重大之意義，於「愛比」河（Elbe）似以1200t之船支為較佳；於運河內則以1000至1200t之船為適合也。

德國河流內船之尺度，漸由官廳加以限制，如愛比河岸管理局規定「愛比」河之船最寬不得過11m，最長不得過76m。恩格思（Engels）之意以1000t載重量之船之尺度，寬應為 9.2m （船之邊緣綫統計於內），長為80m，滿載時船之喫水為1.9m。

今亦有以鐵筋混凝土作造船材料之試舉者，以其能減小船之阻力故也。磨光後之水泥面實較鐵皮光滑，惟其局部之固力太小。彼未裝置鐵筋處於短時期內即可損壞，因而使船支陷入危險狀態。然鐵筋混凝土之能用為造船材料，實所希冀，良以於其成功後，可便宜不少也。

## (c) 船之阻力

（1）橫剖面之形態影響於阻力

格伯氏(Geber)試驗之結果如次,如水之寬度超過船之15倍,而水深又大於船喫水深度20倍時,於事實上可視爲航行於無邊際之水中。船於海上以航行於無邊際水中目之。

近五十年來海船之演進全基於船之阻力之試驗。

首先作此類大試驗者爲英人福勞達(Froude)。依其試驗之結果得知船之阻力之增加近乎速率之平方,其增加受船身長度之影響實小。又依其試驗之結果,知速率乘方之指數與船長有關。此類試驗於船之演進甚有意義。

船支航行於河渠及運河中,不得視爲航行於無涯之水,良以事實上言之,運河之寬度僅爲船之三倍至五倍,而水深與喫水深度之差爲數甚微。

吾人於此可分之爲兩部（1）海船於海船運河中之航行,（2）內地船支於內地運河之航行。海船航行於海上乃其主要任務,行駛於海船運河乃其附帶行爲,因之船身只求具一適合於海之形態,而海船運河之形則以船形爲依歸也。運河之橫剖面應具下列之四種條件。

（1）航行之安全

（2）建築費較廉

（3）阻力微小

（4）擴大之可能性

上述之第三條於海船運河較爲次要。

內河船支航行於運河或改善後之河流乃其唯一之任務。以是河牀與船形應力求互相適合,船形及水道剖面皆應具備上述四條件。然一般皆獨重船之阻力而忽視其他,實則四者皆應重視,不容獨重阻力一項也。

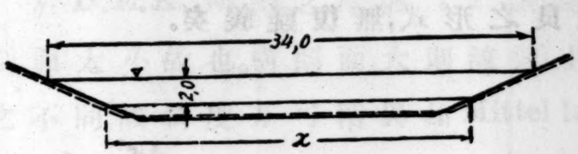
內地運河因具兩重性之故,欲得一適當之形態實較海船運河爲難。此外內地運河橫剖面之築造實較河渠之渠化爲難,蓋以土方工程

太大之故,運河橫剖面因之輒較河渠狹小也。
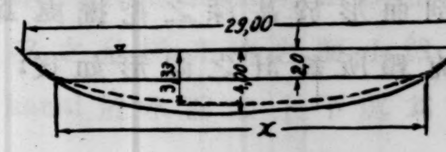
船之形式應爲尖頭式(Scharfe Steven form),抑爲湯匙式(Löffel form)乃當今之一問題也,以直至現今所作之實驗觀之,於運河內似以尖形之船爲適合也。而運河之形應以何者爲宜,於今猶未能明辨也。一般人之心目中似久已以類拋物綫之半長圓形(Mulde)爲佳,中部運河(Mittel land kanal)從「白佛切爾」(Beverzern)至「漢羅富」即採用此形式。英人福勞達(Froude)所作之試驗及繼後「恩格思」所作之試驗,得知於運河中船之阻力依 $V^{2.25}$ 之關係而增加。此外運河之浸水橫剖面(Benetzter Querschnitt)及船之喫水剖面之比數 $n=\frac{F}{f}$ 亦應因速率之增加而增加,速率爲 1.5m/sec(5.4 km/st.)時,n=5至n=6,速率爲 2m/sec(7.2km/st.)時,n應增至10,否則其阻力將過大也。如兩運河之浸入水中之面積相等,則水面寬者之阻力較大。

恩格思於「得來司登」(Dresden)試驗之結果,似覺於尋常速率之情狀下運河之具梯形者其拖船阻力(Schlepp wider-stand)較之半長圓形之運河爲小。其後提勒(Thiele)作試驗於柏林實驗館,伊以相等之剖面爲根據,其以尖頭式船試驗之結果,察知船之喫水爲1.5m時,速率之極限至1.9m/sec(6.8km/st),梯形運河實較勝於半長圓形也。喫水爲1.79m V爲1.2m/sec(4.3km/st)時,半長圓形之剖面較佳。且其良好之程度與速率之增加同時並進。喫水爲2.07m時,則半長圓形於各種速率下皆勝於梯形也。又提勒(Thiele)用湯匙式船所作之試驗,其結果爲半長圓形運河於各種情况下皆勝於梯形者,由此實驗所得半長圓形運河較佳之結論,並非一定不移。尖頭船以較豐滿之故,較諸湯匙式船實爲經濟,用湯匙式船所作之實驗之結果,因之不得視爲定論。又作此類實驗者應依地形而分類焉。(1)運河之用填築(Auftrag)者,(2)挖掘(Einschnitt)甚深之路段,良以建築費於此甚有關係故也。於第一種情形下,可用浸水剖面爲根據。然不應僅顧及浸水剖面,彼浸於水中之船底處之寬度關係更爲重要。彼於航務含有重大意義。河岸之被撞擦次

數之多寡全係於此寬度也。運河河岸之安全（尤以塡築處爲最）實較重於拖船阻力之稍形減小也。此外如將兩橫面如圖 3 及 4 所繪者兩相比較,亦不甚當。受力最猛之水平線處築一如半長圓形之陡峭斜坡爲可能時,則梯形運河亦可如是爲之。由是言之,吾人僅可將於船底處具有同等寬度之剖面面積作爲比較;又所謂等面積者,應以所挖掘之剖面爲根據,而非浸水剖面,蓋以運河之建築費用全視挖掘剖面之大小而定也。兩相等面積中,梯形較半長圓形爲深,而水面寬度則較半長圓形爲狹,以是其拖船阻力亦較小也。然拖船阻力之阻實甚微弱,値可忽視,惟於船行駛時梯形運河近岸處之浪較小,因而梯形較有利焉。



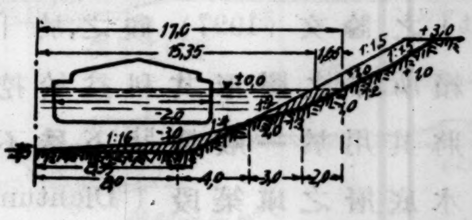

第三圖




第四圖

三,四兩圖乃於 Übigan 實驗時之運河模型之剖面

第 5 圖示兩者之關係,於甚深之挖掘處梯形剖面之利益將益顯著,良以掘土之多少全係於水平面處之寬狹也。

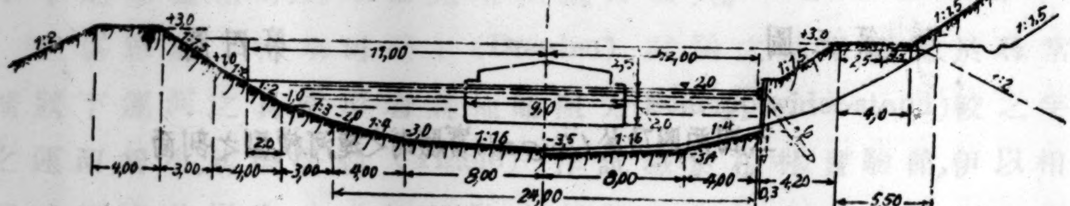



第五圖　半長圓形及梯形剖面之比較

兩掘土面相等時,於水平面處較狹而深度較大之梯形其建築費與等面積之半長圓形相等。此外橋樑及倒虹吸（Düker）之建築費全係於河面之寬狹,狹者費用較廉,寬者較昂。基乎上述之理論克賴（Krey）

有第6圖之建議。克賴於運河之岸築駁岸(Boll werk)以使河面狹窄掘土亦因之減小,其形如6圖。河面狹小船之阻力亦因之降低,於速率爲5 km/st.時,阻力約減小百分之五至百分之六,速率爲6 km/st.時,阻力約減小百分之九。建築此項駁岸每一公里之河身需8000平方公尺鐵筋混凝土之牆面。茲將於各方面省減數值列後。於地基高出水面三公尺處可省27000立方公尺土工,〔於填築處不漏水面(Dichtungsftläche)可減小10000平方公尺〕,地基可減小11000平方公尺,護岸工程(Deck werk)可省作9000平方公尺,此外橫跨之橋可縮短13公尺,而倒虹吸亦可縮短11公尺。克賴以爲此等峭壁之橫剖面於營業競爭實有利益。總之此等橫剖面形於甚深之挖掘處爲最良之形式,無復疑義矣。

克賴所設計之圖形如後:



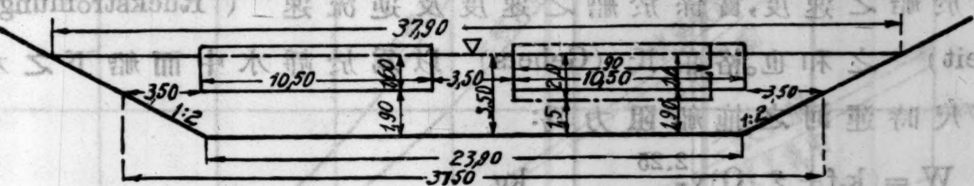

第六圖

由「司比德」(Schmidt)之論文(1927)觀之,於「多爾特孟德運河」(Dortmund-Kanal)中克賴所作之圖形其利益於挖掘之深度超過34m時始得獲而見焉,以是將其用於一般情狀下,殊不適也。

半長圓形於具有不透水底層之填築段(Dichtungsauftragstrecke)全不適用,蓋以於不停頓航行之條件下,欲將運河加以擴大實不可能故也。(此理於後見之);橫剖面之具有平底者,於適當佈置下,其擴大有可能性焉。

於此猶欲一再申述者,吾人不應僅重視船之阻力,同時應顧及其航務及其建築費之廉否。Mittel land kanal 中「漢羅富」(Hannover)至「

希德海木」(Hildes heim) 及「漢羅富」至「排賴」(Peine) 於改造時亦以此故,棄以往所重視之半長圓形,而於適當地點易以梯形。於新式之建築察知剖面之具第7圖之形者較佳於半長圓形之剖面。

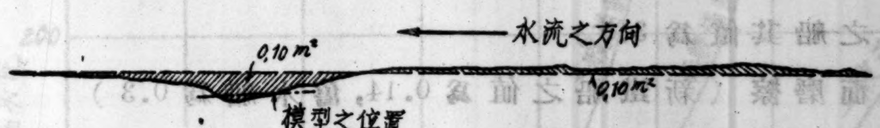



第七圖

於D.E.K.所得之岸坡 1:2 太陡之經濟,其意義當有限制,蓋以其橫剖面太小故也。橫剖面大則流速小,傾陷之危機亦隨之而小。然因地質之不同傾斜度亦可稍異如Mittel land kanal於水面之上下處爲1:2.5,其下則爲 1:2。

（２）阻力之大小

船之阻力之大小由 Froude (1871), Sweet (Erie-Kanal), de Maas (Sein 1890/95), Haak (Dort Mund-Ems-Kanal 1900), Mattern 及 Buchholz (Gr. Schiffweg Berlin-Stettin 1912), Gebers 等所作之實驗而清晰矣。




第八圖




第九圖

玆將兩模型行駛水面,一之速率爲 0.474 m/sec（與眞實之速率 5.12 km/st. 相當）,一之速率爲 0.674 m/sec（與眞實之速率 7.28 km/st. 相當）,於其行駛時,用儀器測其水面得 8 及 9 二圖,由圖視得船前之水湧起,船後之水低落。模型之行也乃自左而右,於行駛時,水不斷爲其排

擠。排擠之水量之多寡,全視船形及速率而定。船前湧起一山陵船後陷落成一山谷。前面湧起之水沿船身流入船後之陷落處。船前湧起之水,其壓力高(Drückhöhe)足以產生其必要之水流速。由是得知,船之阻力非僅係於船之速度,實係於船之速度及逆流速(Rückströmungsgeschwindigkeit)之和也。格伯氏(Gebers)以為於靜水中而船下之水又超過1公尺時運河之拖船阻力為:

$$W = (k.f + \xi \cdot O) v_r^{2.25} \quad kg$$

此中 $v_r = \frac{v(f+f_s)}{F-(f+f_s)} + v$

$f_s = B.s$（水低落之面積）

$s = \frac{(v+v_1)^2 - v^2}{2g}$（s＝水之低落）; $v_1 = \frac{vf}{F-f} = \frac{v}{n-1}, n = \frac{F}{f}$

此中　B　代表水面寬度

f　乃船喫水之橫剖面積

O　乃船底與水接觸面積

F＝運河之橫剖面積

v＝船之速率

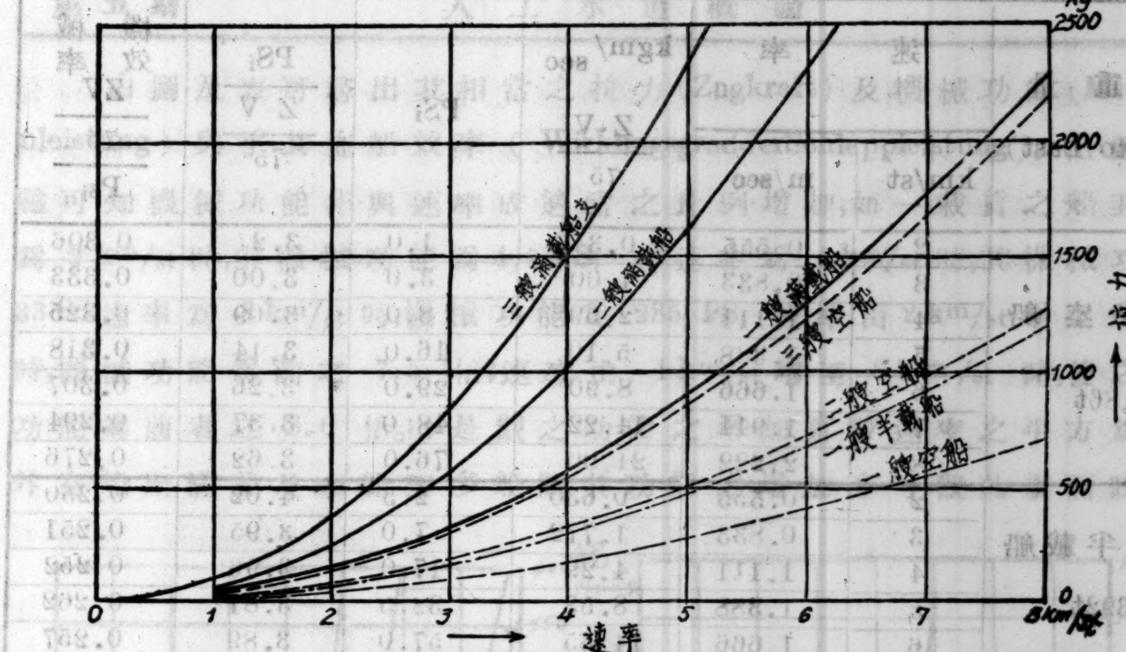
k＝船頭係數（尖頭或空船其值為 1.7 鈍角船頭及裝有貨物之船其值為 3.5）

$\xi$＝表面磨擦（新鐵船之值為 0.14,舊木船為 0.3）

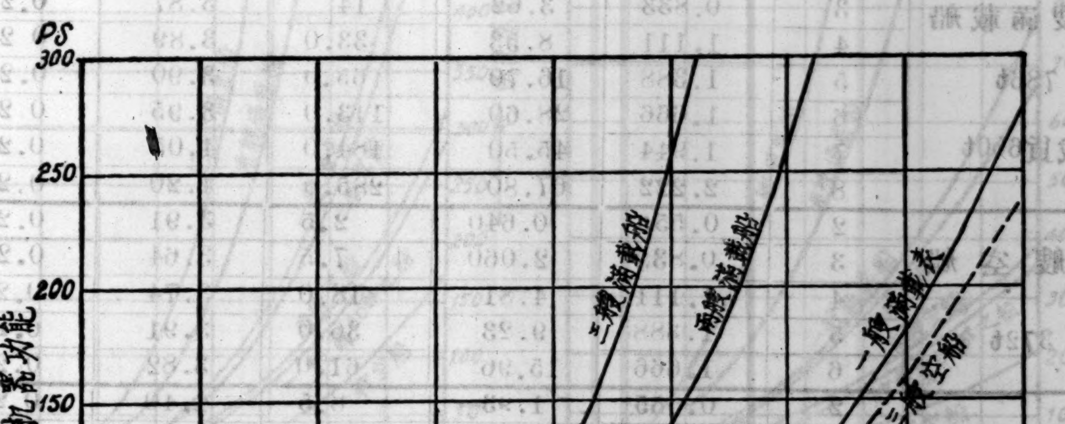
使船下之水不及一公尺,或船航行於流水中,其公式皆較繁雜。

此外馬泰爾(Mattern)及布哈爾慈(Buchholz)又作一新式而範圍較廣之實驗於「柏林」「司達丁」水道(Berlin-Stettin)

馬泰爾及布哈爾慈用一隊拖船(Schleppzug)作實驗於內地運河。由此項實驗獲得重要之結果。此項實驗之途程約一公里,河之橫斷面如13圖,此項實驗乃於稍高之水位中為之,其浸水剖面約72平方公尺,船喫水剖面約為14平方公尺,兩者之比為 1:5.15,第10及11圖及數字表即此項實驗之結果。


kg
2500
2000
1500
1000
500
0
拉力
三艘滿載船
二艘滿載船
一艘滿載船
三艘空船
二艘空船
一艘半載船
一艘空船
0
1
2
3
4
5
6
7
8km/st
速率

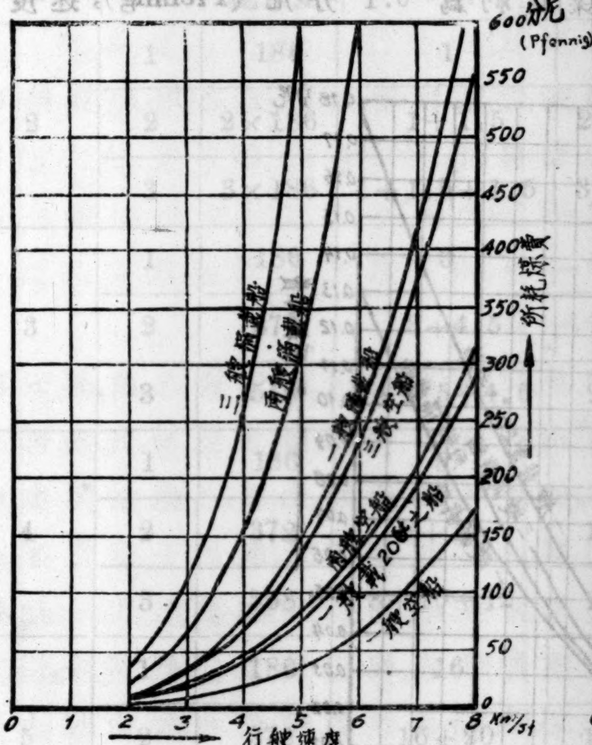
第十圖

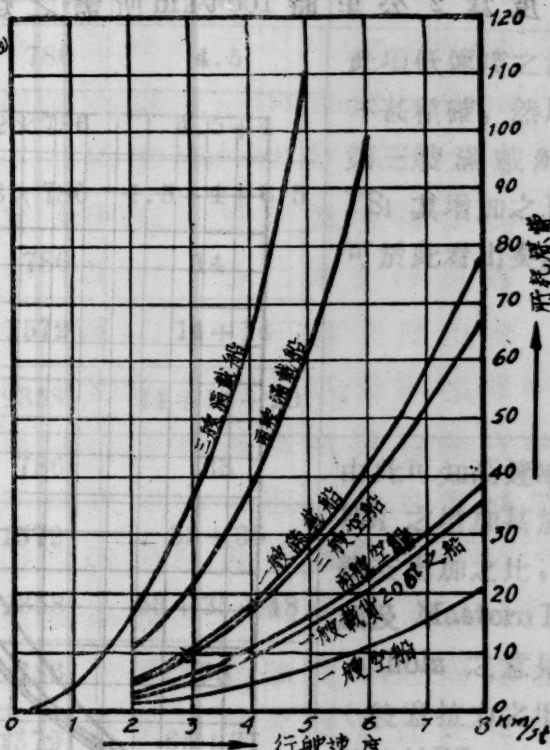

PS
300
250
200
150
100
50
機器功能
三艘滿載船
兩艘滿載船
一艘滿載船
三艘空船
二艘空船
一艘半載船
一艘空船
0
1
2
3
4
5
6
7
8km/st
速率

第十一圖

| 總重量 (Brutto Last) | 速率 km/st | 速率 m/sec | kgm/sec $\frac{Z \cdot V}{75}$ | $PS_i$ | $\frac{PS_i}{\frac{Z \cdot V}{75}}$ | 機械效率 $\frac{\frac{ZV}{75}}{PS_i}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一艘空船 186t | 2 | 0.555 | 0.36 | 1.0 | 3.27 | 0.306 |
| | 3 | 0.833 | 1.00 | 3.0 | 3.00 | 0.333 |
| | 4 | 1.111 | 2.59 | 8.0 | 3.09 | 0.325 |
| | 5 | 1.388 | 5.10 | 16.0 | 3.14 | 0.318 |
| | 6 | 1.666 | 8.90 | 29.0 | 3.26 | 0.307 |
| | 7 | 1.944 | 14.22 | 48.0 | 3.37 | 0.294 |
| | 8 | 2.222 | 21.00 | 76.0 | 3.62 | 0.276 |
| 一艘半載船 392t 載貨206t | 2 | 0.555 | 0.630 | 2.5 | 4.02 | 0.250 |
| | 3 | 0.833 | 1.772 | 7.0 | 3.95 | 0.251 |
| | 4 | 1.111 | 4.29 | 17.0 | 3.96 | 0.252 |
| | 5 | 1.388 | 8.53 | 32.5 | 3.81 | 0.262 |
| | 6 | 1.666 | 14.65 | 57.0 | 3.89 | 0.257 |
| | 7 | 1.944 | 23.80 | 88.0 | 3.70 | 0.270 |
| | 8 | 2.222 | 35.60 | 127.0 | 3.57 | 0.280 |
| 一艘滿載船 786t 載貨600t | 2 | 0.555 | 1.12 | 4.5 | 4.02 | 0.249 |
| | 3 | 0.833 | 3.62 | 14 | 3.87 | 0.258 |
| | 4 | 1.111 | 8.53 | 33.0 | 3.89 | 0.257 |
| | 5 | 1.388 | 16.70 | 65.0 | 3.90 | 0.257 |
| | 6 | 1.666 | 28.60 | 113.0 | 3.95 | 0.253 |
| | 7 | 1.944 | 45.50 | 184.0 | 4.05 | 0.247 |
| | 8 | 2.222 | 67.80 | 285.0 | 4.20 | 0.238 |
| 兩艘空船 372t | 2 | 0.555 | 0.640 | 2.5 | 3.91 | 0.256 |
| | 3 | 0.833 | 2.060 | 7.5 | 3.64 | 0.275 |
| | 4 | 1.111 | 4.81 | 18.0 | 3.74 | 0.267 |
| | 5 | 1.388 | 9.23 | 36.0 | 3.91 | 0.256 |
| | 6 | 1.666 | 15.96 | 61.0 | 3.82 | 0.262 |
| 兩艘滿載船 1572t 載貨1200t | 2 | 0.555 | 1.93 | 8.5 | 4.40 | 0.227 |
| | 3 | 0.833 | 6.33 | 28.0 | 4.42 | 0.226 |
| | 4 | 1.111 | 14.95 | 68.0 | 4.54 | 0.220 |
| | 5 | 1.388 | 29.80 | 142.0 | 4.76 | 0.210 |
| | 6 | 1.666 | 49.00 | 263.0 | 5.37 | 0.186 |
| 三艘空船 558t | 2 | 0.555 | 1.039 | 4.0 | 3.85 | 0.260 |
| | 3 | 0.833 | 3.33 | 12.0 | 3.61 | 0.278 |
| | 4 | 1.111 | 8.14 | 30.0 | 3.68 | 0.272 |
| | 5 | 1.388 | 15.85 | 59.0 | 3.72 | 0.269 |
| 三艘滿載船 2358t 載貨1800t | 2 | 0.555 | 2.75 | 15.0 | 5.45 | 0.183 |
| | 3 | 0.833 | 9.43 | 48.0 | 5.09 | 0.196 |
| | 4 | 1.111 | 22.40 | 116.0 | 5.18 | 0.193 |
| | 5 | 1.388 | 43.20 | 254.0 | 5.88 | 0.173 |

由圖及表可尋出其相當之拉力（Zngkraft）及機械功能（Maschinenleistung）與乎其拖船效率（WirkungsgradderSchleppleistung）。由此項實驗可知機械功能非與速率成適當之比例增加，如一載貨之船其速率爲 2 km/st 時，其機械功能爲 4.5 PS；其速率爲 4 km/st 時，其機械功能爲 33 PS；速率爲 8 km/st 時，機械功能爲 285 PS；速率由 2 km/st 增至 4 km/std 時，機械功能爲前之 7.5 倍；速率由 4 km/st 增至 8 km/st 時，後之機械功能爲前者之 8.6 倍。由是觀之功能之增加實較速率之平方爲速，此外空船至滿載及一船至多船間其功能之增加亦可觀此表而瞭然。又




100分尼＝1馬克

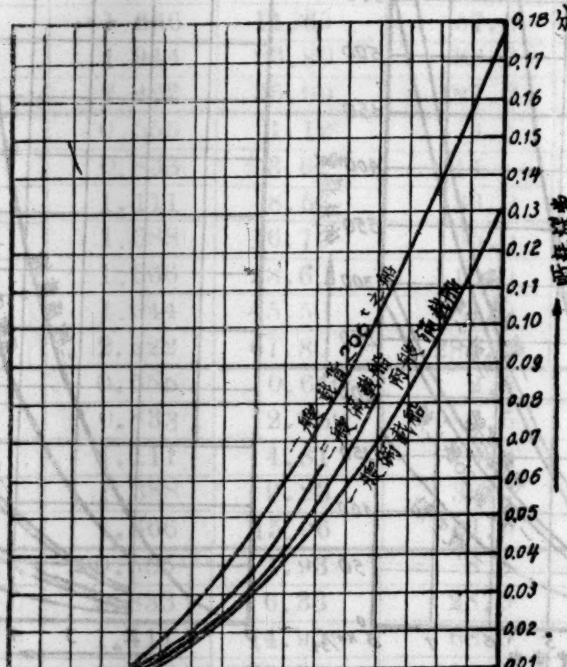
第十二圖

拖船隊（Schleppzug）於各種不同之速率下每句鐘所耗之煤費

第十三圖

拖船隊於各不同之速率下每公里所耗之煤費

由此表得知速率超過 5.6 公里時,所需之功能實甚巨大。又如用具有 254 PS 之汽船以曳三艘滿載貨物之船支,可使其速率為 5 km/st,曳兩滿載船支速率為 6 km/st.;曳一滿載船支速率為 8 km/st ;如用之以曳三空船,或可得 10 km/st 之速率。假擬 1 PS /st. 需煤 1.25kg, 又煤一噸之價為 18 馬克,即可將各種不同之速率作圖解如 12 及 13 圖。第 12 圖乃示各種不同之速率每句鐘所需之煤費,第 13 圖乃一隊拖船每公里之煤費。將第 12 圖中每句鐘之費用除以每句鐘之行程即得 13 圖,14 圖所示為貨物淨重 (Nutzlast) 每 t km 所耗之煤費,由第 14 圖得知一艘滿載船支之速度為 2 公里時 100 t km 所需之煤費約為 0.1 分尼 (Pfennig); 速度為




第十四圖

貨物淨重每 t·Km 所耗之煤費

4 公里時,所需煤費爲 3 分尼;速度爲 8 公里時,煤費爲 13.1 分尼。將三者作一比較,速率由 2 公里增至 4 公里時,煤費增至 4.3 倍,速度由 4 公里增至 8 公里時,後者之煤費爲前者之 4.4 倍。由是得一結論曰:煤之費用之增加較諸速率之平方尤爲速也。又由此圖亦知僅載貨物一部份之船支,其 1 t/km 所耗之煤較諸滿載船支實爲巨大。又,貨物淨重(Reine Nutz last)每 t/km 所耗之煤依其所曳船支之多寡而增加,下之數字表乃由前之數字表演繹得來。

| 速度 km/st | 船支數目 | 空船 總重量 | 空船 PSi | 滿載船支 總重量 | 滿載船支 PSi | 附註 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 186 | 1 | 786 | 4.5 | 此項低速度之測量不甚精確，然用於第三艘滿載船之PSi其增加之巨亦可於此看出矣。 |
| | 2 | 2×186 | 1+1.5 | 2×786 | 4.5+4 | |
| | 3 | 3×186 | 1+1.5+1.5 | 3×786 | 4.5+4+6.5 | |
| 3 | 1 | 186 | 3 | 786 | 14 | |
| | 2 | 372 | 3+4.5 | 1572 | 14+14 | |
| | 3 | 558 | 3+4.5+4.5 | 2358 | 14+14+20 | |
| 4 | 1 | 186 | 8 | 786 | 33 | 由此可知高速率下PSi之增加甚於與船支增加之比，如顧及 Mattern Buchholz 之意見時（彼意拉力之增加較速於PSi）則力之增加尤爲甚焉。 |
| | 2 | 372 | 8+10 | 1572 | 33+35 | |
| | 3 | 558 | 8+10+12 | 2358 | 33+35+48 | |
| 5 | 1 | 186 | 16 | 786 | 65 | |
| | 2 | 372 | 16+20 | 1572 | 65+77 | |
| | 3 | 558 | 16+20+23 | 2358 | 65+77+112 | |
| 6 | 1 | 186 | 29 | 786 | 113 | |
| | 2 | 372 | 29+32 | 1752 | 113+150 | |

如 14 圖速率爲 5km 時,被曳船支如僅一艘,則每 tkm 淨重貨物之

費用爲0.047分尼;如爲兩艘則每tkm之煤費爲0.053分尼;被曳船支如爲三艘則每tkm之煤費爲0.062分尼,因汽船自身之阻力亦應顧及之故,(此項阻力約爲被曳船支僅一艘時之阻力之百分之五)以是每tkm之煤費實乃由0.044分尼增至0.050分尼及0.059分尼也。阻力增加之理之說明如後。船行時,船後之水陷落,第二艘被曳船,船後水低落之程度大於第一艘船,而第三又大於第二,因而拖船阻力亦增大。

如僅就煤之費用言,則單艘船支(Einzelschiff)之航行較經濟於曳船隊(Schleppzüge),然於煤費之外尤應顧及營業費用。多數小艇之建築費實昂於少數大船也。如以拖船滑車(Schlepp katze)拉船,則以單艘船支爲經濟也。

Mattern-Buchholz 發現被曳船支之數目增加時,力之增加實較功能爲速。如汽船 Klara 在下列情況皆發生1600kg之力:

被曳船支爲一艘:147 $PS_i$ ($v=6.5km/st$)

被曳船支爲二艘:130 $PS_i$ ($v=4.9$ „ )

被曳船支爲三艘:118 $PS_i$ ($v=4.0$ „ )

上之所云;乃未計及其速率者也。以是不得因可省煤之故,而云被曳船支數目增加爲經濟也。速率減小,煤之費用亦隨之激減,此乃吾人所深知者也。於一運河內兩速率不同者,不得作爲比較,(尤於所曳船支之數目不同時),否則所得之結果,必非正確。吾人應於一定之速率下,例如4.8, 5.3, 6 km/st(此項速度應宜於航務合乎經濟)作一比較而察其孰佳,單艘船支歟?抑多數船支歟?用汽船拖船支之航務中,煤之費用非爲首要,以是雖煤費較大,仍以曳船多艘爲經濟也。如由岸上曳船時似以二艘爲當,用電氣滑車(Elektrische Katze)則以一艘較爲經濟。於運河中拖曳船支較諸於巨流內實昂貴,巨流中因急流危險人工較昂。萊因河由「魯羅特」(Ruhrort)至「慢漢漠」(Mann heim)一段低水位時煤費爲1分尼/t/km,高水位時僅須0.3分尼/t/km,「慢漢漠」以上則爲1.2分尼。

## (b) 航務

### (1) 概論　船藉水力推動與揚帆

所有之河流中船之行也皆賴後列各力之作用,或藉水力推動(Treiben mit Strom),或揚帆(Segeln),或拉縴(Treideln),或用汽船拖曳(Schleppen durch Dampfer)。船藉水力推動亦可行之於人工水道中,惟須有相當之水流速始可耳;如行之於濬導後之河流內及可供航行之水力運河中(Kraft wasser kanal),兩喫水同深之船支藉水力之推動則大船較速於小船。

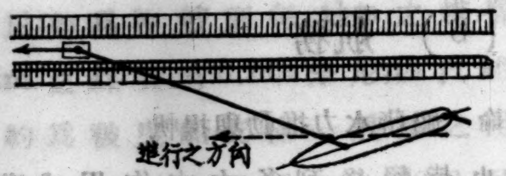
順水而行之船支,其藉水力推動之意義於今甚爲微小,拖船隊逆水而上後;拖曳汽船必逆水而歸,以是迫使其價格減小;因之多數順流而歸之船支皆用汽船拖曳,且也於經過橋樑時,藉水力推動之船支不無危險。揚帆而行之船舶於今已逐漸減少,彼於往昔有相當之重要,於今則已失其經濟上之意義也。

### (2) 拉縴

拉縴乃舊日航行方法之一。拉縴者乃於陸上藉人與獸或機器之力將船拉引之謂也。於古埃及用人或驢,於中世紀用人與馬,而於今則已演進至最高級段藉電力拉船矣。

於岸上拉船及依照米勒(Müller)方法藉緊張之電綫(Gespannte Leitung),其機器效率實大於用汽船拖船也。汽船之螺旋槳(Schiffs schraube)之效率甚微弱,如用機器拉縴,只須用船上機器一部份之功能即可具同等之效力。以是應用適當,拉縴實甚便宜也。

陸上拉縴,應藉舵之力使進行方向與船之中心綫成一角度(如圖 15),拉縴用之繩不應繫於船頭而應繫於船中央之短桅上。用人與獸拉船,於今文明國家已成過去之事實,尖角之轉灣處,因向岸之方向之拉力太大之故,易使船與河岸擋觸,以是於岸上應安置一引導滑車(Leitrolle),以使拉舟之繩於此等處亦作彎曲形也。




第十五圖

用機器拉船時,有後列種種之方法,或藉於岸上轉動之無頭尾(Endlose)之繩索;或藉電機滑車(Elektrische Katze)(此項滑車行駛於位居高處之軌道上;或藉電氣機頭(Elektrische Lokomotive)及發動機機頭者(Motor lokomotive),據百洛克(Block)考察之結果,運河之用電氣機頭者,其航務每年須超越數百萬噸,始覺經濟,否則仍以汽船拖曳船支爲有利也。

拉縴之用無頭尾繩索者,其岸上之裝置能使拉縴繩不斷轉動,船舶繫適當方向之拉縴繩上。此法行之已久,惟至今已無重大之意義云。

下列三者鼎足而立,各有優勝之點:

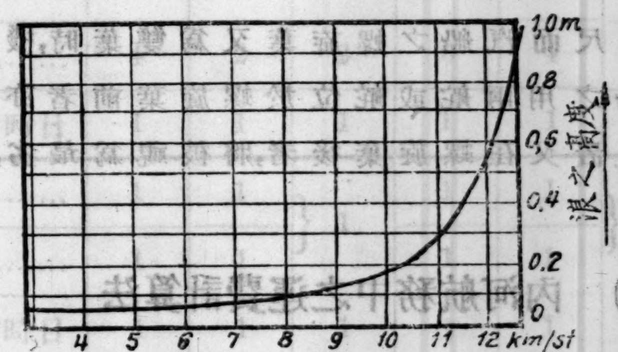
(1)用電氣滑車,(2)用電機機頭,(3)用發動機車(Motorwagen)。其中尤以電氣滑車與自由行動於拉縴道上之發動機車競爭最烈。德國「泰爾多運河」(Teltow kanal)中乃用電機機頭拉船,此項設備乃由西門子蘇克廠(Siemens-Schukert-Werke)所製。機頭矮小,行駛於兩岸,拉船之繩繫於其伸出之臂上(Auslegearm)。此種設備頗稱精良,船之速率爲4 km/st。惟於貨物裝卸之所,拉船機之通行發生障礙。救濟之法可將碼頭設備移置岸後,於此彎入之口上築一小橋,使拉船之機車通行無阻。

「果士」氏(Koss)所擬之計劃甚有興趣。伊擬於河牀上建一軌道。伊意拖船之汽船可具車輪,汽船之前進也非藉螺旋葉之力而將車輪行於軌上,如是汽船之效率甚大,可與拉船機車約略相等。此項試驗之結果甚佳,然以於河牀設置軌道甚感困難,不得實現。有實現之可能者爲「米勒」(Müller)所擬之計劃,伊擬於水道上满佈擔載網(Tragnetz)。其上爲U-形之鐵軌(此項鐵軌名航行鍊索〔Fahr kette〕),於鐵

軌上行駛電氣滑車。因此項發明,單艘船舶之航行之理想得以解決。此項發明之重要點乃其担載網之建造甚爲廉賤。爲試驗此項計劃於漢堡（Hamburg),組織有研究團體其試驗之結果頗爲佳良。此項計劃經適當之研究後於拉縴業上將佔重要之位置。又因着力點由岸上移至水面空間之故,各種於岸上拉船之困難得以排除無遺矣。即較諸往來岸上之電氣滑車亦覺優勝。用米勒之方法,則碼頭入口處不復因拉船之故而爲所擾也。

（3）應用汽船拖曳船支

關於拖曳船支,巳於前拖船阻力之探討一段中言之頗詳。曳船之汽艇多藉螺旋葉之力推進,其所生之旋渦有害河底,而其強烈之浪亦不利於河岸。經 Mattern, Buchholz 實驗之結果,如欲所生之浪無傷於河岸時,於今之運河內,汽船速率不得超於 8.5 km/st。第 16 圖示浪之高度




第16圖

與速率之關係,速率爲 8.5 km/st 時,浪之高度爲15 cm;速率爲 11km/st 時,浪之高度爲30 cm;速率爲 12.5 km/st 時,浪之高度爲90 cm。於速率爲 8.5 km/st 時,護岸之拋石（Schüttstein）猶不至爲浪衝動,於Mittel land kanal 中拖船隊速率爲 5 km/st「泰爾多運河」(Teltow kanal）中爲 4 km/st。然速率小至 4 km/st,恐於日後亦將被目爲不甚適當也。按照第 14 圖,被曳船支爲三艘,而速率爲 4 km/std 時,於歐戰前煤之費用爲 0.034 分尼

/tkm;被曳船支爲4艘時,按照此曲線表可假擬爲0.045分尼/tkm。又如被曳船爲兩艘而速率爲6km/st時,煤之費用爲0.082分尼/tkm。其機械功能約兩倍於被曳船支爲4艘而速率爲4km/st者,船之往返次數藉此可以增加,貨物可因此早達目的地,煤之費用由0.045增至0.082無多大妨礙。蓋以煤價之增加對於消耗費之總數言影響實小。例如Gelsenkirschen-Berlin一段船之費用總數每tkm爲1.1分尼,以增加之煤價與之相較則較多百分之3.4 ($\frac{0.037}{1.1}=3.4\%$) 而已。如運河能容如此速度時,則以此爲經濟也。至由螺旋葉所生之作用固有害於河底,然可藉「福來布哈慈板」(Flamm-Buchholzsche Platte)減小其作用。惟「多爾特孟德愛模斯運河」(Dortmund-Ems-Kanal)用此板而害及河岸,彼處已不復用此板矣。

船之螺旋葉愈近河底時,其作用於河底之力愈大。螺旋葉之直徑約爲1.12-1.2m.以是螺旋葉之最低點與水面之距離不得超過1.4左右。如河底之深爲三公尺而汽船之螺旋葉又爲雙葉時,機器功能不得超過90—100$PS_i$。汽船之用兩舵或舵位於螺旋葉前者亦然。船之螺旋葉爲數僅一,而舵之位置又在螺旋葉後者,將被視爲最劣,以其侵蝕河底甚烈故也。

## (e) 內河航務中之運費計算法

此項計算法乃參照「孫飛」(Sympher)及「外勒」所用之計算法而作者也。運費之組成包括後列三者:(1)船之費用(Schiffs kosten),所謂船之費用者乃包括船本身之費及人工薪金而言。(2)拖船費及向河渠與運河繳納之稅率。(3)其他關於保險,利息,及貨物損失等附帶費用。

### (1) 船之運用

全部之計算乃對吾人所假擬之二艘船支而作者也。其一可載貨650t,另一可載1030t。每年航行日(Schiffahrtstage)共二百九十日,船去時

皆滿載，返時平均每次載貨百分之二十，無論去與返每次接洽貨物之裝載，須停留一日。此外船支停留之久暫，全以裝卸貨物之迅速爲轉移。現將下列三種情形一一加以視察。(1)每日可裝卸貨物 (Umschlag) 200t，(2)每日可裝卸貨物300t，(3)每日可裝卸貨物400t。此處所云之裝卸噸數非一定不移，間亦稍超過此數。例如每日之裝卸貨物量爲200t，於裝貨時650t之貨假擬只需三日，於卸貨時需四日，又船返時裝貨僅百分之二十計130t，其裝卸亦假擬各需一日，下表乃船支停留時日表。

<table>
<tr><th>載貨</th><th colspan="3">650t</th><th colspan="3">1030t</th><th rowspan="3">備註</th></tr>
<tr><th rowspan="2">每日裝卸貨量</th><th>200</th><th>300</th><th>400</th><th>200</th><th>300</th><th>400</th></tr>
<tr><th colspan="3">所需日數</th><th colspan="3">所需日數</th></tr>
<tr><td>裝貨……………</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>5</td><td>3</td><td>2</td><td>滿載</td></tr>
<tr><td>卸貨……………</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>滿載</td></tr>
<tr><td>接洽貨物停留時日</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td>裝貨……………</td><td>1</td><td>1</td><td rowspan="2">1</td><td>1</td><td>1</td><td rowspan="2">1</td><td>返時裝貨百分之廿</td></tr>
<tr><td>卸貨……………</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>返時裝貨百分之廿</td></tr>
<tr><td>接洽貨物停留時日</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td>往返日期總計</td><td>11</td><td>8</td><td>6</td><td>15</td><td>11</td><td>7</td><td></td></tr>
</table>

按照1913年之情形，對于所假擬之兩船作一數字表如後。

| 重要數值 | 650t 之載重量 | 1030t 之載重量 |
|---|---|---|
| 船之長度………… | 65 m | 80 m |
| 船之寬度………… | 8 m | 9.2 m |
| 船之喫水深度………… | 1.75 m | 2.0 m |
| 載重量………… | 650 t | 1030 t |
| 船之建築費總計………… | 47000 馬克 | 68000馬克 |
| 每年利息，還債，管理，修理。保險等費用………… | 7050 馬克 | 10200馬克 |
| 每年人工薪金………… | 3700 馬克 | 3700馬克 |
| 每年總計………… | 10750馬克 | 13900馬克 |
| 每年以航行290 日計每日之費用………… | $\frac{10750}{290}$=37馬克/每日 | $\frac{13900}{290}$=48馬克 |
| 未列入之次要數值 | | |
| 載重量每噸之建築費………… | 72.3馬克/t | 65.7馬克/t |
| 折合每噸每日（年以290日計）之建築費………… | $\frac{37,100}{650}=5.7$ 分尼/t/Tag | $\frac{48,100}{1030}=4.7$ 分尼/t/Tag |

船舶每日可航行60公里，往返一次之路程共爲 n 公里，如將往返時之載貨量平均之；則往返間之載貨量於小船言，各爲 $0.5\times\frac{120}{100}\times 650=390$ t；於大船言，各爲 $0.5\times\frac{120}{100}\times 1030=618$ t。如是則於航行中之「路程價格」(Strecken kosten) $100\times\frac{37}{60\times 390}=0.16$ 分尼/t km（小船）及 $100\times\frac{48}{60\times 618}=0.13$ 分尼/t km（大船）。此數值未計及裝卸貨物時之停留時日。

小船往返間所裝之貨物共爲 $\frac{120}{100}\times 650=780$ t，使每日可裝卸貨物 200 t，則停留時之費用分攤每噸：$100\times\frac{37\times 11}{780}=52$ 分尼/t，往返間路途共爲 n 公里時，每 t km 應担負 $\frac{52}{n}$ 分尼/t km。

大船往返間所裝之貨物共爲 1236 t，每日可裝卸貨物 200 t，則停留時之費用分攤每噸 $100\times\frac{48\times 15}{1236}=59$ 分尼/t，而每 t km 應負担 $\frac{59}{n}$

分尼/t km，以是小船及大船之費用總計爲

每日可裝卸貨物200 t，650 t船之費用爲 $(\frac{52}{n}+0.16)$ 分尼/t km

每日可裝卸貨物200t，1030t船之費用爲 $(\frac{59}{n}+0.13)$ 分尼/t km

兹將每日裝卸貨物量爲200 t，300 t，400 t三種情形列表如下。

| 每日之裝卸貨物量 | 載貨650t之600t船，其船之費用：分尼/t km | 載貨1030t之1000t船，其船之費用：分尼/t km |
|---|---|---|
| 200 噸/每日 | $\frac{52}{n}+0.16$ | $\frac{59}{n}+0.13$ |
| 300 噸/每日 | $\frac{38}{n}+0.16$ | $\frac{43}{n}+0.13$ |
| 400 噸/每日 | $\frac{29}{n}+0.16$ | $\frac{28}{n}+0.13$ |

由上表可得出n公里之行程每噸之費用。例如每日可裝卸貨物200t，則載貨650t之船其費用爲 (52+0.16n) 分尼/t 兹再將往返行程爲300,400,500,700公里時，每噸之費用列表如下。

| 往返行程之路長km | 每日裝卸貨物量t | 載貨650t，其船之費用 分尼 每t km | 每t | 載貨1030t，其船之費用 分尼 每t km | 每t |
|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 200 | 0.33 | 100 | 0.32 | 98 |
| | 300 | 0.29 | 86 | 0.27 | 82 |
| | 400 | 0.26 | 77 | 0.22 | 67 |
| 400 | 200 | 0.29 | 116 | 0.28 | 111 |
| | 300 | 0.26 | 102 | 0.24 | 95 |
| | 400 | 0.24 | 93 | 0.20 | 80 |
| | 200 | 0.26 | 132 | 0.25 | 124 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 300 | 0.24 | 118 | 0.22 | 108 |
| | 400 | 0.22 | 109 | 0.19 | 93 |
| | 200 | 0.23 | 164 | 0.21 | 150 |
| 700 | 300 | 0.22 | 150 | 0.19 | 134 |
| | 400 | 0.20 | 141 | 0.17 | 119 |

上項數值僅限於全年皆容船舶滿載航行之水道而言。至於年中有時不容滿船支通行者亦應顧慮及之。而船員之薪金亦不容忽視。

吾人可由上表察知,行程遠者費用較廉,此乃甚顯明之事實。路途遙者航行之日久而停留時日則仍舊。換言之停留時之耗費分攤於每航行之日較微。如每日之裝卸貨物爲300t,1000t船於300公里之遙遠途程,其船之費用爲0.27分尼/t km;而於700公里之途程則減至0.19分尼/t km。船之費用,對700公里之路程言,實減少42%。同樣,每日之裝卸量增加時亦大有關係,因可以減少停留時日故也。例如路遙爲500公里時,如每日之裝卸量由200t,增至500t則船之費用由0.25減至0.19分尼/t km。

（2） 船之航行稅(Schiff ahrtsab gaben)及拖船費(Schleppkosten)

於較新之水道將貨物列爲五類而抽船之航行稅焉。

第一類 棉花,藥材,鋼鐵貨品,機械,麥,果實,種子,脂肪,麥粉,穀粉,麥芽,米,石油,礦石,銅,人工製造後之石料。

第二類 特殊鐵(Profileisen),鐵管,外國木料,麻,鉛,鋅,粘土貨品,粗糖。

第三類 生鐵,硬木製成之木板及木樑,柏油,瀝青,洋灰,三合士貨品。

第四類 礦穴用之木材,木之主幹及木皮,石炭,黏土管,石灰,洋灰及三合土器具。

第五類 肥料,土,鑛,蘿蔔,飼料,灰漿,飼料鹽 (Futter Satz),天然石片,渣滓,灰,天然石及燒成之石,磚,石炭,土炭。

特別類　德國所用之加里鹽肥料。

稅率數字表如下。

## 新運河之稅率表 （單位 分尼/t km） 1,4,1927起實行

| 貨物分類 | Rhein Herne-運河 | Rhein-Weser-運河及連接Hannover之一段及其支河以及Dortmund至Bergshövede一段 | Dortmund-Ems-運河（Bergshövede以下一段） | Dortmund-Ems-運河由Dortmund Emden a Bergshövede之南 | b Berghövede以下 |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 3 | 1.5 | 0.15 | 1.5 | 0.15 |
| II | 2.4 | 1.2 | 0.12 | 1.2 | 0.12 |
| III | 2.0 | 1 | 0.1 | 1 | 0.1 |
| IV | 1.4 | 0.7 | 0.07 | 0.7 | 0.07 |
| V | 1 | 0.5 | 0.05 | 0.5 | 0.05 |
| 加里鹽肥料 | —— | 0.05 | 0.05 | —— | —— |

舊水道亦抽稅捐,惟較少耳,其貨物之分類則爲四。

拖船費於Rhein-Herne-運河爲 0.18 分尼/t km,於其餘之運河則其基本費用（Grundgebühr）爲 0.09 分尼/t km,附加費爲稅率百分之十。拖船費之徵收乃以船之載重量爲根據,而不計及其裝貨之多寡也。假擬貨物之品類爲第五類,則於中部運河（Mittelland Kanal）中滿載而往時,船之拖船費爲 $0.09+0.05=0.14$分尼/t km 而於僅載貨物百分之二十而返時則爲 $0.09\times\frac{100}{20}+0.1=0.55$分尼/t km 蓋以其拖船費乃按載重量而徵收者也。惟其中之附加費乃就其實際所載之貨徵收,用此項徵費產生兩種結果。照此徵費法船返時全船所納之拖船費幾與去時相等。爲避免每 t km 之拖船費過昂,則不得不於返時多載貨物。此項目的於中部運河（Mittel land kanal）可云實現矣。此運河內船返時所載貨物已非

百分之二十而至百分之六十。甚且超過此數。然於他方面言之亦產生不良影響，當其返時，如裝貨困難，則不得不停留多日。

此等徵收拖船費之方法，現於中部運河已略有變更。現行之徵費法，一方固以船之載重量爲根據，他方則視其載貨之多寡而加收附加費。此種徵費法較爲適當。

| 起點——終點 | 現行之徵收拖船費法 馬克/噸 | 將來之徵費法 馬克/噸 | km | 分尼/t km |
|---|---|---|---|---|
| Duisburg—Mannheim | 0.85 | 1.00 | 350 | 0.24 |
| Duisburg—Rotterdam | 0.20 | 0.22 | 216 | 0.10 |
| Bremen—Minden | 1.60 | 1.20 | 163 | 0.75 |
| Hameln—Münden | 1.70 | 1.50 | 136 | 1.10 |
| Minden—Hameln | 0.85 | 0.70 | 68 | 1.00 |
| Minden—Bremen | 0.15 | 0.20 | 163 | 0.12 |
| Hamburg—Magdeburg | 0.80 | 0.95 | 296 | 0.32 |
| Magdeburg—Dresden | 1.70 | 1.50 | 271 | 0.55 |
| Magdeburg—Hamburg | 0.60 | 0.30 | 296 | 0.10 |
| Dresden—Aussig | 1.10 | 1.10 | 90 | 1.22 |
| Aussig—Dresden | 0.22 | 0.22 | 90 | 0.24 |
| Lauenburg—Lübeck | 0.14 | 0.14 | 66 | 0.21 |
| Parey—Berlin | 0.25 | 0.30 | 125 | 0.24 |
| Spandau—Parey | 0.20 | 0.25 | 107 | 0.23 |
| Hamburg—Berlin | 0.95 | 1.10 | 376 | 0.25 |
| Berlin—Hohensaaten | 0.25 | 0.25 | 100 | 0.25 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Berlin—Fürstenberg | 0.25 | 0.30 | 110 | 0.27 |
| Stettin—Hohensaaten | 0.25 | 0.25 | 79 | 0.31 |
| Breslau—Kosel | 1.10 | 1.30 | 153 | 0.85 |
| Breslau—Fürstenberg | 0.35 | 0.40 | 300 | 0.13 |
| Breslau—Stettin | 0.45 | 0.50 | 490 | 0.10 |
| Fürstenberg—Breslau | 1.50 | 1.75 | 300 | 0.58 |
| Kosel—Breslau | 0.35 | 0.40 | 153 | 0.26 |
| Hohensaaten—Stettin | 0.10 | 0.12 | 79 | 0.15 |

此項拖船費之徵收受供求關係之影響甚大。可一比較前之數字表,此表乃 Werner Teubert, 所作。

由此表可察知順流時拖船費較廉。例如 Rhein 河 Duisberg 以下,及 Elbe 河 Magdeburg 以下拖船費皆爲 0.1 分尼/t km, Oder 河自 Breslau 至 Stettin 一段亦然。有一部之拖船費甚爲昂貴,例如由 Hameln 至 Hann-Münden 一段爲 1.1 分尼/t km,1 Kette 河由 Aussig 至 Dresden 爲 1.22 分尼/t km。

(3) 其他費用

屬於航行費(Fahrkosten)者有碼頭費,保險費 Anschlupfrachten, 裝卸費及某種情形下貨物之損失。

出發及到達地之碼頭費共約爲 0.1-1.3 馬克/噸, 視其貨價之不同保險費由 0.01 分尼/t km 至 0.03 分尼/t km, 貨物之損失以運煤時爲尤甚。此項損失乃煤傾入船時及用擱機 (Greifer) 卸煤時所發生者也。此項損失約爲百分之四至百分之七。Teubert 估計其損失爲 0.5 馬克/噸。煤之裝卸費,於裝煤時爲 0.1 分尼/t,於卸煤時爲 0.4 馬克/噸 其他貨物之卸貨及裝貨價爲 0.3—1.2 馬克/噸。將貨由運河船支卸至海船較許

將貨物由火車卸至海船之費用較省。將各項費用統計之,假擬路程爲400公里,每日裝卸貨物量爲300t,用1000t之船運煤,則其運費爲1.2至1.3分尼/t km。其間船之費用(Schiffskosten)僅占百分之二十。上項計算之前題乃實際之航務與所假擬者悉相符合。有時於中部運河中(Mittellandkanal)每日航程不及60公里,而停留時日則較久。由上之計算得知,欲求運費之減低,首在將稅率減小,他方則力求減低船之費用及拖船費,航費發達,亦可使運費減低。

# 歷代水利職官志

葉遇春纂

## 虞司空

舜典,咨四岳,有能奮庸熙帝之載,使宅百揆,亮采惠疇,僉曰,伯禹作司空,帝,曰,俞咨汝禹,平水土,惟時林哉,禹敷土,隨山刊木。奠高山大川,東漸于海,西被于流沙,朔南洎,聲教訖于四海,禹錫玄圭,告厥成功。

## 夏司空

宋書百官志,契子冥爲夏司空。

## 殷司空

宋書百官志,殷湯以咎單爲司空。

## 周司空

周禮冬官大司空掌水土,書闕有間,漢人以考工記補之,其詳不可得聞,今擇其近者隸于篇。

職方氏（中大夫四人,下大夫八人,中士十有六人,府四人,史十有六人,胥十有六人,徒百有六人,）掌天下之圖地,辨其邦國都鄙與其財用九穀六畜之數,凡九州之名山大川,深浸廣藪莫不隸焉。

司險（中士二人,下士四人,史二人徒四十人,）掌九州之圖,以周知其山林川澤之阻,而達其道路,設國之五溝五涂,而樹之林以爲阻固,皆有守禁,國有故,則藩塞阻路而止行者,以其屬守之,（以上夏官）

遂人（中大夫二人,上士八人,中士十有六人,下士三十有二人,府四人史十有二人胥十有二人徒百有二十人,）掌邦之野,以土地之圖經田野,造縣鄙形體之法,五家爲鄰,五鄰爲里,四里爲酇,五酇爲鄙,五鄙爲縣,五縣爲遂,皆有地域溝樹之使各掌其政令刑禁。以歲時稽其人民而

授之田野,簡其兵器,敎之稼穡,凡治野,夫間有遂,遂上有徑,十夫有溝,溝上有畛,百夫有洫,洫上有涂,千夫有澮,澮上有道,萬夫有川,川上有路,以達于畿。

稻人上士二人,中士四人,下士八人,府二人史四人,胥十人,徒百人,掌稼下地,以瀦畜水,以防止水,以溝蕩水,以遂均水,以列舍水,以澮下水,以涉揚其芟作田,凡稼澤,夏以水殄草而芟夷之,澤草所生,種之芒種。以上地官

王制,司空執度度地居民,山川沮澤,時四時,量地遠近,興事任力。

## 秦都水長

沈約宋書,秦有都水長丞,按呂氏春秋,季春之月,命司空循行國邑,周視原野,修利堤防,導達溝瀆,是秦亦有司空也,又春秋傳司空以時平易道路,知列國各有其官,秦特爲李斯所廢改耳。

## 漢水衡都尉

漢書百官公卿表,列水衡都尉於九卿之末,應劭漢官儀,衛宏漢官舊儀,皆不詳其秩,以杜佑通典考之,則二千石也,其屬有都水七官長丞,成帝以都水官多,置左右使各一人,劉向息夫躬皆領都水,馮參領左馮翊都水,又有河隄使者,河隄都尉,見溝洫志,成帝又因何武議,改御史大夫爲大司空,至哀帝建平五年,又罷大司空置御史大夫,嗣後罷置不常,而大司空,位居三公,所統者廣,已不專治水土矣。

## 後漢大司空

光武建武元年,以讖語用王梁爲大司空,二十七年以朱祐議去大字,至獻帝建安十二年,又省司空置御史大夫。

續漢志,司空一人掌水土事,凡營城起邑,浚溝洫,修墳坊之事,則議其利,建其功,凡四方水土功課,歲盡則奏其殿最而行賞罰,其屬長史一人,千石,掾屬二十九人,令史及御屬四十二人。

又晉書職官志,漢東京省都水,置河隄謁者。

## 魏水衡都尉

魏省御史大夫,置司空,又有水衡都尉居第六品,見通典。

## 晉都水使者

魏晉以下,司空爲三公崇階,無關水利,不復志,晉書職官志,都水使者,漢水衡職也,漢又有都水長丞,主陂池灌漑保守河渠,東京省都水,置河隄謁者,魏因之,及武帝省水衡,置都水使者一人,以河隄謁者爲都水官屬.及江左省河隄謁者,置謁者六人。按武帝省水衡,則魏已改河隄謁者爲水衡都尉矣,所謂因者,因其初也,改於何時,已不可知,

## 宋都水使者

宋書百官志,都水使者一人,掌舟航及運部,漢世水衡都尉,主上林苑,魏世主天下水軍舟船器械,晉武帝省水衡,置都水使者,而河隄爲都水官屬,有參軍二人,謁者一人,令史減置無常員,永嘉六年,胡入洛陽,都水使者爰濬,先出督運,得免,然則武帝置職,便掌運矣,江左省河隄。

## 齊都水使者

齊書無志,按唐六典,宋孝武省都水臺,置水衡令,齊氏復置都水臺使者一人,不詳其屬官。

## 梁大舟卿

隋書職官志,大舟卿,梁初爲都水臺,使者一人,參軍事二人,河隄謁者八人,七年改焉,位視中書郎,列卿之最末者也,置丞及功曹主簿,主舟航堤渠.按天監七年,徐勉更梁官制爲十八班,以班多爲貴,大舟卿列第九班,故視中書郎也.都水使者下有參軍二人,河隄謁者八人,可補齊代之闕,蓋梁初所因,齊制也,又江左無河隄,東晉已省,齊梁不宜重有,疑隋

書之隅疎耳。

## 陳大舟卿

杜佑通典,陳大舟卿居第三品,隋書言陳承梁,循其官制,但品各異耳。

## 北魏水衡都尉

魏書百官志,水衡都尉從第五品中,而杜佑通典作都水使者,從第五品,未知孰是。按唐六典魏二職並置則皆是也說見後

## 北齊都水使者

隋書職官志云,後齊官制,多循後魏,尙書分統列曹,有水部曹,掌舟船津梁公私水事。

都水臺掌諸津橋,使者二人,從第五品,參事十人,又領都尉合昌坊城三局,尉皆分司諸橋津。

## 後周司空及司水中大夫

按周更官制,司空爲卿,正九命,司水中大夫,正五命,其屬有小司水小司舟各上士,掌津舟工各中士。

## 隋工部尙書一人正三品

隋書百官志,工部尙書統工部屯田侍郎各二人,虞部水部侍郎各一人,分司曹務,直宿禁省,如漢之制。

通典漢成帝初置尙書,有民曹,主凡吏民上書,後漢光武以民曹主繕修功作鹽池園苑,魏置左民尙書,亦領其職,晉宋以來,有起部尙書,而不常置,遇有營造,則權置之,事畢則省,以餘事分屬都官左民二尙書,北齊起部亦掌工造,屬祠部尙書,後周有冬官大司空,掌五材九範之法,其

屬工部中大夫二人,承司之事,掌百工之籍,而理其禁令,至隋開皇二年,乃有工部尚書,蓋因後周工部之名;兼前代起部之職者也,都水臺使者二人從五品

隋百官志,都水使者,及丞正八品,各二人,參軍三十人,河隄謁者六十人,錄事二人領掌船局都水尉二人;又領諸津,上津每尉一人丞二人;中津每尉丞各一人,下津每典作一人,津長四人。

高祖仁壽元年改都水臺爲監,更名使者爲監,煬帝大業三年,改都水監爲使者,增爲正五品,丞爲從七品,統舟楫河渠二署,舟檝署每津置尉一人,五年,又改使者爲監,四品,加置少監爲五品,後又改監爲令,從三品,少監爲少令,從四品。

## 唐工部尚書一人正三品　侍郎一人正四品下

新唐書百官志,工部尚書侍郎,掌山澤屯田工匠諸司公廨紙筆墨之事,其屬有四,一曰工部,二曰屯田,三曰虞部,四曰水部,工部郎中員外郎各一人,掌城池土木之工役程式,爲尚書侍郎之貳,凡京都營繕,皆下少府將作供其用,役千功先奏,凡工匠以州縣爲團,五人爲火,五火置長一人,四月至七月爲長功,二月三月八月九月爲中功,十月至正月爲短功,雇者日爲絹三尺,內中尙巧匠無作,則納貲,凡津梁道路,治以九月,工部主事三人,屯田主事二人,虞部主事二人,水部主事二人。

龍朔二年,改工部曰司平太常伯,屯田曰司田,虞部曰司虞,水部曰司川,咸亨元年復故,光宅元年,改工部曰冬官尚書,神龍元年復故,天寶十一載,改虞部曰司虞,水部曰司水,工部有令史十二人,書令史二十一人,計史一人,亭長六人,掌固八人,屯田令史七人,書令史十二人,計史一人,掌固四人,虞部令史四人,書令史九人,掌固四人,水部令史四人,書令史九人,掌固四人。

唐六典曰,侍郎周之冬官小司空也,煬帝置,唐因之。

水部郎中正五品,員外郎正六品,各一人。

掌津濟船艫渠梁堤堰溝洫漁捕運漕碾磑之事,凡坑陷井穴皆有標,京畿有渠長斗門長,諸州堤堰,刺史縣令,以時檢行而涖其決築,有埭則以下戶分牽,禁爭利者。

六典曰,魏置水部郎中,歷晉宋齊後魏北齊,並有水部郎中,梁陳爲侍郎,後周冬官府有司水中大夫,隋文帝時爲水部侍郎,煬帝但曰水部郎,宋齊梁陳以來,並都官尙書領之,隋以工部尙書領之,唐因之,武德三年加中字,二年改爲司川大夫,咸亨元年復故。

員外郎,後周冬官有司水上士,則水部員外郎之任也,隋開皇六年置。

水部郎中員外郎,掌天下川瀆陂池之政令,以導達溝洫,堰塘河渠凡舟楫漑灌之利咸總而舉之,凡天下水泉三億三萬三千五百五十有九,其在遐荒絕域,殆不可得而知,其江河自西達于東溟,中國之大川者也,其餘百三十有五水,是爲中川者也,(桑欽水經所引之水百三十有七,江河在焉,)其千二百五十有二水,斯爲小川者也,(酈注所引枝流一千二百五十有二)若渭洛汾濟漳淇淮漢,皆亘達方域,通濟舳艫,徙有之無,利于生人者矣其餘陂澤魚鼈莞蒲秔稻之利,蓋有不得而備云,凡水有漑灌者,碾磑不得與爭其利,漑灌者又不得浸人廬舍,壞人墳隧,仲春乃命通溝瀆立隄防,孟冬而畢,若秋夏霖潦泛溢衝壞者,則不待時而修葺,凡用水自下始,凡天下造舟之梁四,(河三洛一)石柱之梁四,(洛三灞一)木柱之梁三,(皆渭水也)巨梁十有一,皆國工修之,其餘皆所管州縣營葺,其大津無梁,皆給船人,量其大小難易以定其差等。

都水監使者二人(正五品上)

掌川澤津梁渠堰陂池之政,總河渠諸津監署,凡漁捕有禁,漑田自遠始先稻後稑,渠長斗門長節其多少而均焉,府縣以官督察,丞二人,從七品上,掌判監事,凡京畿諸水,因灌漑盜費者有禁,水入內之餘,則均王公百官。

主簿一人從八品下,掌運漕捕漁程會而糾舉之。

武德初,廢都水監爲署,貞觀六年復爲監,改令曰使者,龍朔二年,改

都水監曰司津監,使者曰監,武后垂拱元年,改都水監曰水衡監,使者曰都尉,開元二十五年,不隸將作監,有錄事一人,府五人,史十人,亭長一人,掌固四人,初,貞觀六年置舟楫署,有令一人正八品下,掌舟楫運漕,漕正一人,府三人,史六人,監漕一人,漕史一人,典事六人,掌固八人,上元二年,置丞二人,正九品下,掌運漕隱失,開元二十六年,署廢。

河渠署令一人,正八品下,丞一人正九品上,掌河渠陂池隄堰魚醢之事,凡溝渠開塞漁捕時禁皆顓之,饗宗廟則供魚鱐,祀昊天上帝則供腥魚,日供尚食及給中書門下,歲供諸司及東宮之冬藏,渭河三百里內漁釣者,五坊捕治之,供祠祀則自便橋至東渭橋,禁民漁,三元日非供祠不採魚。

唐有河堤使者,貞觀初改曰河堤謁者,有府三人,史六人,典事三人,每渠及斗門有長一人,掌固三人,魚師十三人,初有監漕十人從九品上,大曆後省,興成五門六門龍首涇堰滋堤凡六堰,皆有丞一人,從九品下,府一人,史二人,典事一人,掌固二人,貞觀六年廢。

河隄謁者六人,正八品下,掌完隄堰利溝瀆漁捕之事,涇渭白渠,以京兆少尹一人督視。

諸津令各一人,正九品上,丞二人從九品下,掌天下津濟舟梁,灞橋永濟橋,以勳官散官一人蒞之,天津橋中橋,則以衛士拚掃,凡舟渠之備,皆先擬其半,𠰒塞竹䉧,所在供焉。

唐改津尉曰令,有錄事一人府一人史二人,典事三人,津吏五人,橋丁各三十人,匠各八人,京兆河南諸津,隸都水監,便橋渭橋萬年三橋,有丞一人,從九品下,府一人史一人典事二人,掌固二人,貞觀中廢。

六典曰,都水監本周官川衡之職,漢太常大司農等屬官,各有都水長丞,武帝置水衡都尉,掌上林苑,有五丞,其屬官有上林,均輸,御羞,禁圃,輯濯,鍾官,辨鍾令丞,水衡官水司空都水農倉,又甘泉上林都水七官長丞皆屬焉,至成帝以都水官多置左右使者各一人,則劉向讓左都水使者是也,至哀帝罷之,王莽改水衡曰予虞,後漢省都水以屬郡國,而制河

堤謁者五人,魏因之,又兼有水衡都尉,主天下水軍舟船器械,晉置都水臺,都水使者一人,掌舟檝之事,官品第四,又有左右前後中五水衡,晉起居注及元康百官名,陳愼戴熊俱以都水使者領水衡都尉,宋孝武省都水臺,置水衡令,齊氏復置都水臺,使者一人,梁武帝天監七年,改爲大舟卿,爲冬卿,班第九,吏員依晉,又加當關四人,陳因之,後魏亦二官並置,建都水使者,正第四品中,水衡都尉從五品中,太和二十二年,都水使者從五品,而省水衡,北齊都水臺使者二人,後周有司水中大夫一人,省都水臺使者二人,從第五品,有丞參軍,河堤謁者,錄事,船局都津尉丞典作津長等,開皇三年,省都水入司空,十三年復置,仁壽元年,改爲都水監,煬帝復改爲使者,正五品,統徵檝河渠二署,大業五年,又改使者爲監,加至四品,又置少監爲五品,復改監爲令,從三品,少監爲少令,從四品,唐改爲都水署,隸將作令,從七品下,貞觀中復改爲都水使者,從五品上,龍朔二年,改爲司津監,咸亨元年,復爲都水使者,光宅元年,改爲水衡都尉,神龍九年復舊。

## 唐司空

按春秋傳,少昊以鳲鳩氏爲司空,可知司空之職,由少昊始,淮南子云,堯之治天下也,舜爲司徒,契爲司馬,禹爲司空,劉向說苑,當堯之時,禹爲司空,二家皆臆想之辭,非確論也,以尙書堯典按之,堯時洪水橫流,浩浩滔天。四岳之舉鯀,堯之命鯀,非司空是何,特其績用弗成,故官亦弗敍,及舜攝位,始以命禹,當時猶堯之天下,亦得稱堯耳。

## 五代工部尙書　都水監使者

按五代職官,皆沿唐舊,歐史無志,薛史補於近代,非原文,其職官志但從損益記之,無可采,玆從王溥五代會要節錄如下,

五代會要,晉天福七年四月,詔曰,近年以來,大河頻決,漂蕩戶口,妨廢農桑,言念蒸民,困玆凋弊,凡居牧守,皆委山河,旣在封圻,所宜專切,今

後官令沿河廣晉府開封府尹逐處觀察防禦使刺史,並兼河隄使名額,任使差選職員,分劈勾當,有堤堰怯薄,水勢冲注處,預先計整,不得臨時失于防護。

周顯德五年十一月,以尚書司勳郎中何幼冲,爲關西渠堰使,命於雍曜二州界疏涇水以溉田。

## 宋工部尚書（從二品）侍郎（從三品）各一人

宋史職官志,工部掌天下城郭宮室舟車器械符印錢幣山澤苑囿河渠之政令,舊制判部事一人,以兩制以上充,元豐並歸工部,其屬三,曰屯田,曰虞部,曰水部,設官十,尚書侍郎各一人,工部屯田虞部水部郎中員外郎各一人,元祐元年,省水部郎官一員,紹聖元年,詔屯田虞部互置郎官一員兼領。

尚書掌百工水土之政令,稽其功緒,以詔賞罰,總四司之事。（從二品）

侍郎掌貳尚書之事,南渡初,長貳互置,隆興詔各置一員（從三品）

郎中員外郎　舊制凡制作營繕計置采伐材物,案程式以授有司,則參掌之,建炎三年,詔工部郎官兼虞部,屯田郎官兼水部,紹興九年,詔工部屯田,共一員兼領;自此四司合爲一矣。

屯田郎中員外郎　掌屯田營田職田學田官莊之政令,及其租入,種刈興修給納之事,凡塘濼以時增減,隄堰以時修葺,并有司修葺種植之事,以賞罰詔其長貳而行之,分案三,置吏三。

水部郎中員外郎　掌溝洫津梁舟楫漕運之事,凡隄防決溢,疏導壅底,以時約束,而計度其歲用之物,修治不如法者罰之,規畫措置爲民利者賞之,分案六,置吏十有三。

都水監（正六品）舊隸三司河渠,嘉祐三年,始專置監以領之,判監事一人,以員外郎以上充,同判監事一人,以朝官以上充,丞二人主簿一人,並以京朝官充,輪遣丞一人,出外治河埽之事,或一歲再歲而罷,其有諳知水政,或至三年,置局于澶州,號曰外監;元豐正名,置使者一人,丞二人,主

簿一人,使者掌中外川澤河渠津梁隄堰疏鑿浚治之事,丞參領之,凡治水之法,以防止水,以溝瀉水,以澮寫水,以陂池瀦水,凡江河淮海所經郡邑,皆頒其禁令,視汴洛水勢漲涸增損而調節之,凡河防,謹其法禁,歲計茭楗之數,前期儲積,以時頒用,各隨其所治地,而任其責,興役以後,月至十月止,民功則隨其先後毋過一月,若導水溉田,及疏治壅積爲民利者,定其賞罰,凡修堤岸,植楡柳,則視其勤惰多寡以爲殿最,南北外都水丞各一人,都提舉官八人,監埽官百三十有五人,皆分職涖事,卽干機速,非外丞所能治,則使者行視河渠焉,元祐八年,詔提舉汴河堤岸司,隸本監,先時導洛入汴,專置隄岸司,至是亦歸之有司,元祐四年,復置外都水使者,五年,詔南北外都水丞,以三年爲任,七年,方議回河東流,乃詔河北東西漕臣,及開封府界提點,各兼南北外都水事,紹聖元年罷,元符三年詔罷北外都水丞,以河事委之漕臣,三年,復置,重和元年,工部尚書王詔言,乞選差曾任水官諳練者,爲南北兩外丞,從之,宣和三年,詔罷南北外都水丞司,依元豐法通,差文武官一員,分案七,置吏三十有七,所隸有街道司掌轄治道路,人兵若車駕行幸,則前期修治,有積水則疏導之,建炎三年,詔都水監置使者一員,紹興九年,復置南北外都水丞,各一員,南丞于應天府,北丞于東京置司,十年,詔都水事歸于工部,不復置官。

## 遼工部尚書

續通典遼官徵北南二院視工部,南面官有工部尚書侍郎郎中員外郎等官。

都水監有太監少監及丞。

## 金工部尚書

金史百官志,工部尚書一員,正三品,侍郎一員正四品,郎中一員從五品,掌修造營建法式諸作工匠屯田山林川澤之禁,江河堤岸道路橋梁之事,員外郎一員從六品,天德三年增二員 主事二員,從七品 令史十八人內女直四人譯史二人通事一人 覆

實司管勾一員從七品;隸戶工部,掌覆實營造材物工匠價直等事。

都水監　街道司隸焉,分治監,專規措黃沁河,衛州置司,監正四品;掌川澤津梁舟楫河渠之事,興定五年,兼管勾沿河漕運事,作從五品;少監正六品;以下皆同,兼漕事,少監從五品,明昌二年增一員衛州分治丞二員正七品,內一員外監分治,貞元元年,置掾正八品,掌與丞同,外監分治,大定二十七年添一員,明昌三年併罷之,六年復置二員,勾當官四員,准備分治監差委,明昌五年以罷掾設二員興定五年設四員

衛道司　管勾正九品掌灑掃街道修治溝渠。

都巡河官從七品　掌巡視河道,修完堤堰,栽植榆柳,凡河防之事,分治監,巡河官同此,其濾溝崇福上下埽都巡河,兼石橋使,通濟河節巡官,兼建春宮地,分河道諸都巡河官,掌提控諸埽巡河官,明昌五年設大定二年設滹沱河巡河官二員散巡河官。

黃汴都巡河官　下六處,河陰雄武滎澤原武陽武延津,各設散巡河官各一員。

黃沁都巡河官　下四處,懷州孟津孟州城北,各設黃沁散巡河官各一員。

衛南都巡河官　下四處,新鄉崇福上崇福下衛南淇上,散巡河官各一員。

滑濬都巡河官　下四處,武城白馬書城教城,散巡河官各一員。

曹甸都巡河官　下四處,東明西佳孟華陵城,散巡河官各一員。

曹濟都巡河官　下四處,定陶濟北寒山金山,散巡河官各一員。

凡二十五埽,埽兵萬二千人,

諸埽物料場官,掌受給本場物料,分治監物料場官同此,惟崇福上下埽物料場官,與當界官通管收支,南京延津渡河橋官,兼譏察事,管勾一員,同管勾一員,掌橋船渡口,譏察濟渡,給受本橋諸物等事,內譏察事隸留守司,餘浮橋官同此,右屬都水監,皇統三年四月,懷州置黃沁河隄大管勾司,未詳何年罷,正大二年,外監東置歸德,西置河陰。

## 元工部尚書

元史百官志，工部尚書三員，正三品，侍郎二員，正四品，郎中二員，從五品，員外郎二員，從六品，掌天下營造百工之政令，凡城池之修濬，土木之繕葺，材物之給受，工匠之程式，銓注局院司匠之官悉以任之，世祖中統元年，右三部置尚書二員，侍郎二員，郎中五員，員外郎五員，內二員專署工部事，至元元年，始分立工部尚書四員，侍郎三員，郎中四員，員外郎五員，三年，復合為右三部，七年，仍自為工部，尚書二員，侍郎二員，郎中三員，員外郎如舊，二十三年，定尚書侍郎郎中員外郎，各以二員為額，明年，以曹務繁冗，增尚書二員，二十八年，省尚書一員，首領官主事五員，蒙古筆且齊六人，令史四十二人，回回令史四人，克埒穆爾齊一人，知印一人，奏差三十人，蒙古書寫一人，典史七人，又司程官四員，右三部照磨一員，典吏七人。

都水監　續通典元都水監置監二人少監一人，掌治河渠，并隄防水利橋梁閘堰之事，順帝至正六年，以連年河決為患，置河南山東都水監以專疏塞之任，八年，河水為患，詔於濟寧鄆城立行都水監，九年，又立山東河南等處行都水監，又有都水庸田使司庸田使二人，副使二人，僉事一人，（至元年置二平江，既而罷之，至五年復立，十二年因海運不通，詔河南於窪下水泊之地，置屯田八處於汴梁，添立都水庸田使司，）又置都總制庸田使司，都總制庸田使二人，副使二人，僉事六人，所屬有巡河提領所，提領二員，副提領一員。

又有大都河道提舉司，提舉一人，同提舉一人，副提舉一人。

## 明工部尚書

明史職官志，工部尚書一人，（正二品）左右侍郎各一人，（正三品）其屬司務廳司務二人，（從九品）營繕虞衡都水屯田四清吏司，各郎中一人，（正五品後增都水司郎中四人）員外郎一人，（從五品，後增營繕司員外郎二人，虞衡司員外郎一人，）主事二人，（正六品，後增都水司主事五人，營繕司主事二人屯田司主事一人）

尚書掌天下百官山澤之政令，侍郎佐之，嘉靖後增置尚書一人，專

督大工。

都水司郎中　典川澤陂池橋道舟車織造券契量衡之事,曰水利,曰轉漕,曰灌田,歲儲其金石竹木卷埽,以時修其閘壩洪淺,堰圩隄防,謹蓄泄以備旱潦,無使壞田廬墳隧禾稼舟楫,磑碾者不得與灌田爭利,灌田者不得與轉漕爭利,凡諸水要會,遣京朝官專理,以督有司,役民必以農隙,不能至農隙,則傭功成之,凡道路津梁時其葺治,有巡幸及大喪大祀則修除而較比之。續通典洪武六年爲水部,二十九年改爲都水,

大明會典,都水淸吏司郎中員外郎主事,分掌川瀆陂池橋道舟車織造衡量之事。內一員提督淸江浦造船,

運河職官　永樂十二年,議罷海運,令工部尙書一員,及提督一員,疏濬運河,十五年,令伯一員,充總兵官,創行漕事,又遣都督侍郎各一員,及尙書一員,伯二員,往來提督,以本部員外郎主事二員,分理,又遣侍郎提督監察御史錦衣衛千戶等官巡視,　正統四年,定巡視河道部屬官六員,提督侍郎都御史各一員,以濟寧爲界,南屬侍郎,北屬都御史,又以提督一員遞相督察,　景泰元年,令提督河道專屬都御史,六年,令總督漕運都督兼理河道,　成化七年,始分河道爲三節,北自通州至德州,南自沛縣至儀眞,各屬郎中一員,中自德州至濟寧:屬山東按察司,又以侍郎一員總理,　弘治三年,令山東勸農參政兼理河道,　嘉靖二年,遣都御史一員,提督河道事務,山東河南南北直隸巡撫三司等官,俱聽節制,仍添注郎中員外郎各一員分理,　萬曆五年,革提督河道都御史,其事務倂歸各該巡撫,照地管理,七年,議准山東河南南北直隸各巡撫衛內,添兼管河道四字,給與專勅,水利職官　弘治八年,令浙江按察司管屯田官,帶浙西七府水利,仍設主事,或郎中一員專管,三年更代,　正德九年,設郎中一員,專管蘇松等府水利,十二年,遣都御史一員,專管蘇松等七府水利,十六年,遣工部尙書一員,巡撫應天等府地方,與修蘇松等七府水利,浙江管水利僉事,聽其節制,仍設郎中二員於白茆吳淞江,分理疏濬,　嘉靖三年,罷蘇松等府管水利郎中,仍行浙江管水利僉事帶管,

四年奏准貴州水利,委管屯僉事帶管,年終具所修濬陂塘壩堰丈尺,造册送部査攷,五年,奏准雲貴水利委管屯田副使帶管,年終,具所修濬圩岸陂塘壩堰閘洞溝渠丈尺,造册送部査攷,六年,令巡撫官督同水利僉事,用心整理蘇松水利,毋得虛應故事,十三年,令各處按察司屯田官,兼管水利,四十五年,題准東南水利,不必專設御史,令兩浙巡鹽御史兼管,

隆慶元年,題准四川水利茶法屯鹽,併歸一道,六年特降勅書,以東南水利專責成巡撫,　萬歷三年,令巡江御史督理江南水利,四年添設淮安水利僉事一員,於河南按察司帶銜。

水利禁令,　正統二年,令有司秋成時,修築圩岸,疏濬陂塘,以便農作,仍具疏繳報,俟攷滿以憑黜陟,　弘治十八年,令各府州縣治農官,不得別項差占,年終,具所轄水道通塞濬否緣由,造册奏繳,考覈黜陟,　嘉靖七年,令陝西河南山東撫按等官,嚴督守令疏濬河水,設法隄防,以備旱潦,能修舉者,照例旌擢,又令各處撫按守巡官,嚴督所屬以時修濬圩岸壩堰陂塘溝渠之在境內者,二十五年,令南直隸巡撫都御史,督屬修濬太倉州常熟崑山等縣,七浦白茆新涇等河,鹽鐵許浦等塘,仍令巡按御史驗勘,二十六年題准琉璃胡良滹沱等河,下流壅塞,渰沒民田,令順天保定各巡撫官,親詣查勘,作速開濬,　隆慶三年,題准凡河南等處霸占源野,阻絕河道者,各該巡撫衙門,查照故決泉源條律,爲首者發邊衛充軍,著爲例。

## 清工部尚書二人左侍郎二人 尚書從一品 侍郎從二品

皇朝通典,工部尚書,滿洲漢人各一人,掌天下工虞器用,辦物庀材,以飭邦事,所屬有營繕虞衡都水屯田四淸吏司。

左右侍郎,滿洲漢人各一人,掌綜事訓工,以貳尚書,滿漢左右侍郎,兼管理錢法堂事務初制增減不一,順治時更定滿漢左右各一人。

都水淸吏司郎中,滿洲五人,漢人一人,員外郎,滿洲五人,漢人一人主事,滿洲四人,漢人二人,掌河防海塘,及直省河淀泊川澤陂池水利之

政令,凡道路之平治,橋梁之營葺,舟楫之制度,咸總而舉之,歲十有二月,則藏冰,夏而出之,以供祭祀,宮府之用焉。

大清會典都水淸吏司管河工水利。

凡河道工程,黃淮二瀆爲大,運河次之,永定河又次之,及南北條諸川湖淀流入海,分流濟運者咸受治焉。

凡職掌,江南河道總督一人,掌黃淮會流入海,洪澤湖汕黃濟運,南北運河洩水行漕,及瓜洲江工,支河湖港疏濬隄防之事所屬河庫道一人,掌出納河帑,淮徐河道一人,轄銅沛邳睢宿虹桃源同知四人,豐蕭碭宿遷運河通判二人,二十四汛州同州判各一人,縣丞五人,主簿十有二人,巡檢七人,分管,詳見其例淮揚河道一人,轄山淸裏河,山淸外河,山安海防江防同知五人,高堰山盱桃源安淸中河揚河揚糧水利通判六人,三十八汛州同州判各三人,縣丞十有四人,主簿十人,巡檢八人,又西溪司安豐司,管河巡檢各一人,十四牐牐官十有一人,分管,詳見則例河營參將一人,統轄淮徐淮揚各營,淮徐河營游擊一人,轄九營守備九人,二十一汛千總八人,把總十有三人,淮揚河營游擊一人,轄十一營守備十有一人,二十六汛千總九人,把總十有七人,葦蕩營參將一人,轄左右營守備千總把總各二人,　山東河南河道總督一人,掌黃河南下,汶水分流,運河蓄洩,及支河湖港疏濬隄防之事,所屬山東運河道一人,轄運河沂郯海贛同知二人,泇河捕河上河下河泉河通判五人,二十八汛州同州判各三人,縣丞十人,主簿十有二人,分管,分理泉河州同二人,府經歷三人,縣丞六人,巡檢一人,四十八牐牐官三十一人,兗沂曹兼管黃河道一人,轄曹單黃河同知一人,四汛縣丞一人,主簿二人,巡檢一人,黃運河營守備一人,轄七汛千總五人,把總二人,東昌德州二衛管河守備各一人,德州運河南北兩岸管河千總各一人,河南開歸陳道一人,轄上南河下南河同知二人,儀考商虞通判二人,十二汛州判一人,縣丞七人,主簿四人,彰衛懷道一人,轄懷慶黃河開封上北河下北河同知三人,彰德河務衛輝鹽河懷慶河務曹儀河務通判四人,二十汛縣丞八人,主簿十人,巡檢二人,

又林縣管河典史一人,豫河懷河二營守備各一人,協辦守備各一人,轄七汎千總四人,把總三人, 直隸總督兼河道總督一人,掌漳衛入運歸海,永定河歸淀,疏濬隄防之事,所屬永定河道一人,轄石景山永定河南岸北岸同知三人,三角淀通判一人,十五汎州判三人,縣丞主簿各五人,吏目二人,通永河道一人,轄北運河務關同知一人,北運河楊村薊運糧河通判二人,十三汎州同一人,州判四人,縣丞三人,主簿五人,天津河道一人,轄南運河津軍河間河捕同知二人,泊河子牙河通判二人,西汎清河故城吳橋管河縣丞各一人,東汎景州滄州管河州判各一人,天津管河縣丞一人,青縣管河巡檢一人,清河道一人,轄保定河捕同知一人,正定糧馬河通判一人,分汎冀州祁州安州管河州判各一人,武強隆平寧晉兼管河務知縣各一人,清苑蠡高陽新安雄安肅新城管河縣丞各一人,保定任邱唐管河主簿各一人,滿定方順橋管河巡檢各一人,深澤管河典史一人,大廣順河道一人,轄廣大漳廣平河務漳河同知三人,分汎永年刑臺沙河南河平鄉廣宗鉅鹿唐山內邱任元城大名魏東明長垣兼管河務知縣十有五人,元城大名魏長垣管河縣丞各一人,永年成安管河滿典史各一人,永定河河營守備一人,轄南北岸淀河三汛千總把總各一人,石景山汎千總一人,北運河汎千總把總各三人,南運河汎千總一人,把總八人,東淀岱船千總一人,西淀岱船把總一人。

凡河兵各有定額,河東河道總督,本標中左右三營,同城,濟寧城守一營,分防黃運河懷河豫河三營,其屬副將一人,游擊二人,都司二人,守備六人,千總十有二人,把總十有九人,兵三千二百五十五人。

江南河道總督,本標中左右三營同城,董蕩淮徐揚三營,分防淮徐河營,淮揚河營,蕭碭豐蕭碭銅沛睢鹽南岸,邳州北岸,宿虹南岸,宿遷北岸,桃源南岸,桃源北岸,宿遷運河,山清裏河,山陽裏河,山陽外河,山阜海防山安安阜北岸,高堰山盱桃源安清中河高寶運河,揚州江防,二十三營,其屬副將二人,參將二人,游擊三人,都司三人守備二十四人,千總二十七人,把總五十人,兵萬三千七十二人。又漕督協防兵五千有二人

凡夫役,江南山東河南設堡夫,山東江南設牐夫,直隸山東設淺夫,河南設柳船長夫,椿埽夫,山東設徭夫泉夫壩夫軍夫橋渡夫,直隸設衩夫防夫,各隨其地之宜,其食於官也,則視役之輕重以爲差,山東運河屆疏濬之年,按其工之大小,別募夫役,工竣則止,凡經費,各工有修理之費,有俸餉之費,有役食之費,有歲報圖册之費,江南河工有歲增五寸之費,山東有疏濬運河之費,各有常額,江南以河庫道,河南以開歸陳道,彰衛懷道,山東以運河道,直隸以天津道通永道,永定河道,清河道,大名道,掌其出納,歲要其數於河道總督,覈實奏銷,侵蝕者論。

凡疏濬河道,面必廣,底必深,運土必於隄內,無隄者,以去河百丈爲率,運河歲小濬,間歲大濬,黃河無定期,遇沙停淤積,卽爲濬治,其法或以勺,或以括版,或以淺船,皆因地制宜,不拘器具,凡淺船以疏瀹河道,柳船以濟運物材,垈船與淺船同,石船與柳船同,均以三年小修,五年大修,更造,則河南江南以八年,直隸以十年。

凡保固,黃南工程限一年,運河限三年,江南河東同,直隸南運河限三年,北運河限二年,永定諸河險工,限一年,平易工程,並限三年,均以報竣之日起限,限內衝决,責成修官暨督修官賠修,不修治之罪,限外衝决,守汛官弁暨該管文武官,沿河州縣,皆分別議處。

凡水利,直省河湖淀泊川澤溝渠,有益於民生者,以時修治,務令蓄洩隨宜,旱潦有備,以府州縣丞倅佐貳董其役,各給以管理水利職銜。

凡海塘,江南以蘇松太道,浙江北塘,以杭嘉湖道,南塘以寧紹台道,掌其修防之政,承以府丞倅,分理以州縣佐貳等官,事關題奏,均有督撫,凡塘工皆以石,其非潮汐衝撼之所,間用土工,南用柴工,均如式建置,限年保固,物材價值,率與江南河工同。

凡江防,四川以成都府同知,湖廣以武漢黃德道,上荆南道,下荆南道,江西以九江府同知,掌其修理,均無定期,如所屬隄岸工程,偶被衝刷,該管道廳卽履勘計費,以申於督撫,督撫覈實,具題興工,工竣報銷,惟江南瓜洲江工,歲修,由江南河道總督奏銷。

續大清會典,江南海塘隸蘇松太道轄松江府海防同知一人,所屬縣丞二人,太倉州海防州同知一人,所屬主簿一人,巡檢一人,共設塘長七十五人。

浙江海塘,北岸仁和錢塘海甯平湖海鹽五州縣,隸杭嘉湖道,轄杭州府東海防同知一人,西海防同知一人,嘉興府海防同知一人,南岸山陰會稽蕭山餘杭上虞五縣,隸寧紹台道,轄紹興府南塘通判一人,所屬縣丞二人,海防水利通判二人,所屬縣丞二人,共設堡夫八百十二人,杭嘉湖道兼轄海防營守備一人,所屬千總把總各五人,外委九人,額外外委四人,兵三百人。

各省江防,除江南瓜儀江工兼隸河道,浙江江工兼隸海塘,其餘各省江防,及湖北隄堰各工,不屬於河員者,均令該管道府及丞倅州縣,視旱潦之宜,隨時蓄洩,以利民焉。

各省江防歲修官工,江西有九江府護城石磡,湖北省武昌府江工金沙洲江工,江夏縣蕎麥灣隄工,漢陽府江岸隄工,襄陽府隄內普陀庵頭工嘴,二工嘴,黑龍廟石磯四座隄工,潛江縣護城隄工,俱動支發商生息銀兩,無定數,襄陽府老龍石隄,荆門州沙洋堤工,歲徵湖糧銀各三百兩,不敷,則以籌欵生息銀備貯動支,四川都江堰工,動支鹽茶耗羨銀五千一十二兩有奇,各省水利歲修官工,直隸溫榆河疏濬,動支永通道庫木稅銀二千兩,廣仁嶺旱河疏濬,動支熱河道庫滋生銀以三千兩爲率,滹沱河壩工,動支發商生息銀一千八百兩,山西太原護城土堰,汾州府護城石隄,動支司庫耗羨銀六百兩,鹽池疏濬,動支發商生息銀五千兩,江蘇六塘河,動支司庫地丁銀八百兩,安徽洪灘二河,動支江寧藩庫匣費銀三千兩,安徽城外漳葭港,動支發商生息銀無定數,江西豐城縣石隄,動支鹽規引費銀一千四五百兩爲率,浙江西湖,動支田租銀無定數,乍浦開濬閘河,動支司庫程費銀以二百四五兩爲率,陝西龍洞渠,動支司庫耗羨銀三百兩,延安府城外濯筋河道引河,石堺石壩,動支司庫公項銀一百二十兩,興安府隄工,每年估計於公用銀內動支無定數,甘肅

各處渠道,動用司庫正項銀五百兩,雲南金汁河,及昆陽各海口,動支鹽道衙門合平銀二千兩,灘工,動支運銅節省銀三百兩,廣東潘公河道,於歸公鉛價銀及田租銀內動支,無定數,廣西陟河,於存公銀兩內動支,無定數,其無官修定款者,皆由民修,或借項興工,攤徵歸欵,或地方官隨時督率民夫,加倍疏濬。

無欵,則視其旱潦之宜而治之,凡民修者,工鉅,則報於部而覈焉。民修各工,如款項無多,聽民自行辦理,如係要工,經費逾五兩百者,俱一體報部覈銷。

本月刊爲簡單發行手續起見所有預定月刊均以半年或全年起訂無論何時定閱均自每卷首期起寄諸希諒照

中國水利工程學會出版委員會啓

# 交通雜誌

## 第三卷 第五期 要目

交通挿畫十二幅

整理全國電政計劃之我見……黃樹芬 徐大本

改革正太鐵路芻議……朱霽青

日俄非法買賣中東鐵路成交之檢討……萬琮

改善京滬滬杭甬兩路倉庫之我見……譚耀宗

國有鐵路運價政策……高鹿鳴

美國商委會規定鐵路運價之標準……劉汝翼

軔車之最新調節器對斯道式……安忠義

我國運輸建設應着重輕便鐵道之研究……夏鄭鷗

日本新頒之船舶安全法……王洸

德國國有鐵路公司組織之研討……王廉

我國鐵路人才之教養問題……高鳳介

無綫電與國際情報……郎德沛

一年來之鐵路工程……薩福均

粵漢路株韶段籌劃通車營業概況……張啓鸞

交通記述

定價 月出一册零售三角預定半年連郵一元六角全年連郵三元

總發行所 南京大石橋新民坊五號交通雜誌社

HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會印行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING SOCIETY OF CHINA

30 Plum Garden, Nanking, China

# 本刊定價表

| | |
|---|---|
| 定報處 | 南京梅園新村三十號中國水利工程學會出版委員會 |
| 零　售 | 每册二角　　合訂本每册四角 |
| 精裝本 | 每卷三元 |
| 預　定 | 半年六册連郵費一元二角　全年十二册連郵費二元四角<br>國外全年起定連郵費三元六角 |
| 舊　報 | 補購二卷至七卷各册均按定價加倍一券售罄 |

## 本刊廣告刊例

| 地位／等次 | 特等<br>底封面之後面 | 優等<br>封面內面及對面 | 上等<br>圖畫前 | 普通<br>正文前後 |
|---|---|---|---|---|
| 全頁 | 四十元 | 二十四元 | 二十元 | 十六元 |
| 半頁 | | 十三元 | 十一元 | 九元 |

（一）特等廣告四色彩印由本會代爲繪圖不另取資

（二）除特等廣告外其餘均用白紙印月刊正文之本色

（三）如用色紙或其他彩印價目另議

（四）繪圖製版工價另議長期不更換者祇取一次費

（五）長期廣告取費從廉

（六）廣告費先收後登

## Advertisement rates

| POSITION | Rate per insertion | |
|---|---|---|
| | FullPage | HalfPage |
| Outside Back Cover | $ 40.00 Mex | — |
| Inside Front Cover | 24.00 ,, | — |
| Opposite Inside F't Cover | 24.00 ,, | 13.00 |
| Opposite Pictorial Page | 20.00 ,, | 11.00 |
| Ordinary Position | 16.00 ,, | 9.00 |

1. Long term insertions are subject to the following rates of discount.
   Full Year (12 insertions) 20 %
   Half Year (6 insertions) 10 %
2. For the outside back cover four colors are allowed with copies and blocks supplied free.
3. For other positions only one color is allowed and blocks are charged according to current price.
4. Special quality of paper may be supplied with additional charges..
5. Payment shall be made before every insertion.

# 中國水利工程學會章程

## 第一章　總則

第一條　定名　本會定名為中國水利工程學會

第二條　宗旨　本會以聯絡水利工程同志研究水利學術促進水利建設為宗旨

## 第二章　會員

第三條　本會會員分為會員仲會員名譽會員機關會員贊助會員五種其資格如左

(一)會員　八年以上之水利及土木工程經驗（其中至少三年以上為負責工作）經會員二人以上之介紹董事會之通過得為本會會員

國立省立或教育部立案之私立大學工學院獨立工程學院畢業生認為三年工程經驗

舊制工業專門學校及新制工業專科學校畢業生認為二年工程經驗

研究院工程學術研究工作每足一年認為一年工程經驗

專門工程教授副教授助教每足一年認為一年工程經驗

負責工作以負責之獨立設計施工為標準

教授副教授之工作認為負責工作

不受人指導之研究工作著有成績者認為負責工作

(二)仲會員　三年以上之水利或土木工程經驗經會員二人以上之介紹董事會之通過得為本會仲會員仲會員具有會員資格時得正式請求升格由董事會審查核定之

(三)名譽會名　凡對於水利工程學術有特殊貢獻者經董事會之提議及年會之通過得被舉為本會名譽會員

(四)機關會員　凡有關水利工程之機關學校或團體經會員二人以上之介紹董事會之通過得為本會機關會員

(五)贊助會員　凡對於本會有特殊贊助者經董事會之通過得被舉為本會贊助會員

## 第三章　組織

第四條　本會組織分為(一)董事會(二)執行部(三)特種委員會(四)分會

第五條　董事會　由會長副會長總幹事及董事十二人組織之會議時由會長主席

董事任期二年每年改選三人

第六條　執行部　由會長副會長總幹事各一人組織之

第七條　特種委員會　本會為保管基金發行刊物介紹職業徵求會員及其他事項得由會長指派特種委員會辦理之

第八條　分會　內會員十人以上同處一地者得由董事會之認可組織分會其章程得另訂之但以不與本會會章抵觸者為限

## 第四章　職權

第九條　董事會之職權如左

(一)決議執行部所不能解決之重大事務

(二)審查新會員資格并通過之

(三)認可分會之成立

第十條　會長副會長總幹事之職權如左

(一)會長總理本會會務

(二)副會長襄理本會會務會長遇不能到會時其職務由副會長代行之

(三)總幹事處理本會日常事務并掌管一切文書會計事宜

## 第五章　會費

第十一條　本會會費如左

(一)會員　入會費十元每年會費八元如一次繳足一百元者得永久不收年費

(二)仲會員　入會費五元每年會費四元

(三)機關會員　中央機關國立大學校及全國性質之團體入會費一百五十元常年會費一百五十元市機關學校及全省性質之團體入會費一百元常年會費一百元其他機關或團體入會費五十元常年會費五十元

第十二條　各項會費得由分會代收彙繳總會但會員及仲會員常年會費半數得留充分會經費

## 第六章　選舉

第十三條　本會每年選舉事務由董事會派司選委員辦理之

第十四條　董事會長副會長總幹事由司選委員提出二倍人數由年會或用通訊方法選舉之

第十五條　名譽會員仲會員機關會員及贊助會員均無被選舉權

## 第七章　開會

第十六條　年會　本會每年開年會一次其時間及地點由上屆年會議定但必要時得由董事會更改之

第十七條　董事會　常會每月舉行一次臨時會由會長召集之

## 第八章　附則

第十八條　本會會章得由會員十人以上之提議經年會通過後修改之